

**Europäisches Entwicklungszentrum für Binnen- und Küstenschifffahrt
Versuchsanstalt für Binnenschiffbau e.V., Duisburg**

**Der Semikatamaran als Grundlage eines neuen Behälter-
Transportsystems für Binnenwasserstraßen**

**Bericht 1670
Juni 2003**

Teil 2: Analyse der Wettbewerbsfähigkeit eines Containertransportes
mit dem Semi-Katamaran für ausgewählte Transportrelationen auf
dem Rhein und im Kanalnetz

**Auftraggeber: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen
,Otto von Guericke' e.V., Köln**

Kurzfassung

In diesem Teil des Projektes wurden die Kosten- und Zeitstrukturen der verschiedenen untersuchten Semikat-Schiffe auf unterschiedlichen Relationen und für unterschiedliche Randbedingungen ermittelt. Die Ergebnisse wurden den entsprechenden Kennziffern konventioneller Binnenschiffe sowie denen des LKW gegenüber gestellt.

Ausgangspunkt ist ein von der VBD entwickeltes Rechenverfahren, das alle zeit- und kostenrelevanten Größen berücksichtigt. Hier ist als Besonderheit hervorzuheben, daß dieses Verfahren die im Wettbewerbsvergleich zwischen Semikat und konventionellem Binnenschiff entscheidende Größe „Leistungsbedarf“ (bzw. Kraftstoffverbrauch) auf eine differenzierte Art und Weise ermittelt, indem die hierfür ausschlaggebenden Determinanten

- Nutzlast (Tiefgang),
- Geschwindigkeit und
- Fahrwasser-Verhältnisse (Breite, Tiefe)

im größtmöglichen Detail und unter Beachtung der Interdependenzen berücksichtigt wurden.

Ausgehend von einer „Basisrechnung“, deren Prämissen zu Auslastungsgrad und durchschnittlichem Container-Ladungsgewicht in etwa die heutigen Verhältnisse widerspiegeln, wurden weitere Berechnungen („Varianten“) durchgeführt, die auch die durch mögliche künftige Marktentwicklungen zu erwartenden Veränderungen (abnehmendes durchschnittliches Container-Ladungsgewicht, zunehmender Auslastungsgrad) berücksichtigen.

Die Vergleichsrechnungen Semikat – konventionelles Binnenschiff haben gezeigt, daß der Semikat auf dem Rhein bei höheren Geschwindigkeiten – und dies entspricht seiner Ausrichtung auf zeitkritische Transporte – kostengünstiger als das konventionelle Schiff fahren kann. Da der Semikat zudem unter bestimmten Bedingungen in der Lage ist, auf dem Rhein schneller als das konventionelle Binnenschiff zu fahren, kommt noch die Möglichkeit von Zeitgewinnen zugunsten des Semikat hinzu.

Im Kanalsystem besteht nur im untersten der untersuchten Geschwindigkeitsbereiche eine ungefähre Kostenparität zwischen Semikat und konventionellem Binnenschiff. Bereits ab mittleren Geschwindigkeitsstufen erzielt der Semikat Kostenvorteile; darüber hinaus kann er durchgängig Zeitgewinne durch eine höhere Maximalgeschwindigkeit realisieren.

Insgesamt ist daher die für den Semikat zu erwartende Wettbewerbsposition als positiv und zukunftssträchtig einzuschätzen, wobei weitere Optimierungsmöglichkeiten für relativ tiefes Fahrwasser gegeben sind, da das hier untersuchte Semikat-Konzept hierauf noch nicht ausgerichtet werden konnte.

Der Semikat ist im Wettbewerbsraum positioniert zwischen dem konventionellen Schiff und dem LKW. Mit dem Konzept können zeitliche Vorteile gegenüber dem konventionellen Binnenschiff realisiert und damit bestimmte Kundenkreise angesprochen werden, die bisher stärker dem LKW zugetan sind. Dieser Effekt wird verstärkt, wenn gleichzeitig Kostenvorteile realisiert werden können.

Stellt man die unterschiedlichen Präferenzen der Verlader in Rechnung, so ergibt sich hieraus, daß das Semikat-Konzept ein taugliches Mittel darstellt, um das für das Binnenschiff in Frage kommende Marktsegment in die gewünschte Richtung zu erweitern.

Inhaltsverzeichnis

- 1. Vorbemerkungen: Vorgehensweise, Rechenmodell, übergeordnete Prämissen**
 - 1.1 Rechenmodell**
 - 1.2 Einflußgrößen und Prämissen**

- 2 Binnenschiffs-Vergleichsrechnungen**
 - 2.1 Vergleich der SEMIKAT-Schiffe mit konventionellen Schiffen**
 - 2.1.1 Vergleichsbasis und -möglichkeiten**
 - 2.1.2 Relation Rotterdam – Berlin**
 - 2.1.3 Relation Duisburg – Hannover**
 - 2.1.4 Relation Rotterdam – Karlsruhe**
 - 2.1.5 Relation Rotterdam – Duisburg**
 - 2.1.6 Fazit Schiffsvergleichsrechnungen**

- 3 Transportkettenvergleich**
 - 3.1 Prämissen, Vergleichsbasis und -möglichkeiten**
 - 3.2 Relation Rotterdam – Berlin**
 - 3.3 Relation Duisburg – Hannover**
 - 3.4 Relation Rotterdam – Karlsruhe**
 - 3.5 Relation Rotterdam – Duisburg**
 - 3.6 Fazit Transportkettenvergleich**

Anhang

1 Vorbemerkungen: Vorgehensweise, Rechenmodell, übergeordnete Prämissen

1.1 Rechenmodell

Die Vergleichsrechnungen – sowohl für die rein binnenschiffsbezogenen Vergleiche, als auch für die Vergleiche zwischen Binnenschiff, Bahn und LKW – beruhen auf einem VBD-eigenen Rechenverfahren, das eigens im Rahmen dieses Projektes auf dessen spezifische Aufgabenstellung hin entwickelt wurde. Es bezieht alle relevanten kostenbeeinflussenden Größen ein, so daß die als Ergebnis gewonnenen Angaben zu den Kosten pro TEU als Vollkosten zu interpretieren sind.

Der dabei verwendete Berechnungsansatz geht von kalkulatorischen Kosten aus. Auf diese Weise werden – unabhängig von steuerlichen Vorschriften und Gestaltungsmöglichkeiten – die tatsächlichen Bedingungen am zutreffendsten widerspiegelt. Dies gilt beispielsweise in Bezug auf die tatsächliche, die steuerlichen Abschreibungszeiträume deutlich überschreitende Nutzungsdauer der Schiffe sowie auf den Ansatz eines kalkulatorischen Gehaltes für einen als sein eigener Schiffsführer tätigen Partikulier.

Die im Rahmen der Kostenrechnung verwendeten Positionen sind wie folgt zu unterteilen:

- Wegeabhängige Kosten wie Kraft- und Schmierstoffkosten, Abnutzungskosten, Schleusungs- und Befahrungsgebühren, Reparatur- / Wartungskosten und Umschlagskosten
- Wegeunabhängige Kosten wie z.B. Löhne, Sozialaufwendungen, Spesen für das eingesetzte Personal
- Gemein- / Verwaltungskosten z.B. für Versicherung und Steuern
- Kapitalkosten

Für die Durchführung dieser Berechnungen stehen weitgehend recht detaillierte Daten zur Verfügung, so daß auf die Nutzung vereinfachender Rechenverfahren wie etwa die Verwendung von pauschalen Größen wie „Kosten pro TEU-Kilometer“ verzichtet werden konnte.

Im Hinblick auf den Kostenvergleich zwischen den einzelnen Binnenschiffen ist das Modell durch Besonderheiten gekennzeichnet, die nur aufgrund der langjährigen Erfahrungen der VBD mit Modellversuchen auf der VBD-Versuchsanlage möglich sind und deshalb in herkömmlichen Wirtschaftlichkeitsberechnungen in dieser Form nicht berücksichtigt werden können: Diese Kenntnisse und Erfahrungen auf dem Gebiet der Hydrodynamik erlauben es, unterschiedlichste Konstellationen in Bezug auf Fahrwasserbedingungen und Schiffsabmessungen sowie –geschwindigkeiten zu untersuchen bzw. zu simulieren und hierdurch verschiedenste Randbedingungen in die Berechnungen einfließen zu lassen.

So hat beispielsweise ein bestimmtes Schiff bei gegebenem Tiefgang und vorgegebener Geschwindigkeit auf dem Niederrhein einen deutlich geringeren Leistungsbedarf als auf einem Kanal oder einem schmalen Fluß, was auf die wesentlich günstigeren Bedingungen am Niederrhein – größere Wassertiefen und Fahrwasserbreiten – zurückzuführen ist. Doch auch auf dem Rhein selbst sind die

Bedingungen nicht einheitlich, sondern auf den einzelnen Abschnitten wie Ober-, Mittel-, Niederrhein sowie im Rheinmündungsgebiet durchaus unterschiedlich, so daß es notwendig ist, daß das Modell folglich Streckenabschnitte unterschiedlicher Qualität zulassen muß. Die in der VBD durchgeführten Versuche, deren Ergebnisse in diesen Bericht eingeflossen sind, erlauben Aussagen über Geschwindigkeit und Leistungsbedarf bei folgenden Fahrwasser-Bedingungen

- Tiefe 7,5 Meter, seitlich unbeschränkt: Dies entspricht etwa den Verhältnissen am Niederrhein
- Tiefe 4,0 Meter, seitlich unbeschränkt: Dies entspricht etwa den Bedingungen an Mittel- und Oberrhein
- Tiefe 4,0 Meter, seitlich beschränkt: Diese Situation entspricht den i.d.R. an Kanälen und kleineren Flüssen gegebenen Bedingungen

Im Rechenmodell werden immer die am besten zur jeweiligen Relation passenden Fahrwasserbedingungen zugrunde gelegt.

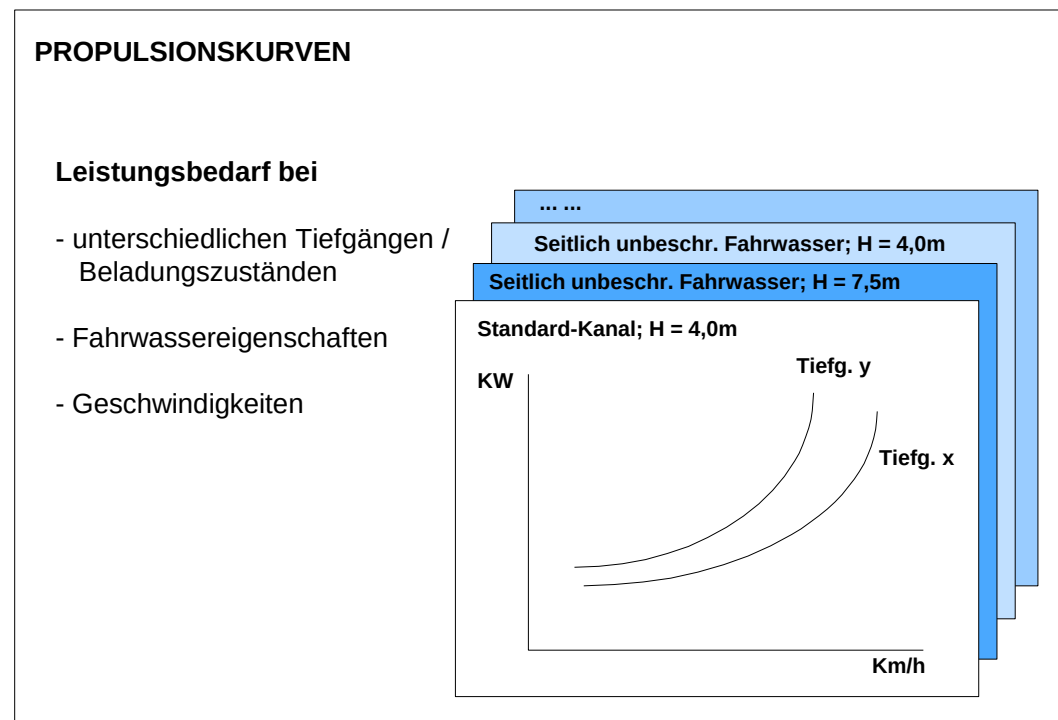


Abb. 1–1: Einflußgrößen auf den Leistungsbedarf von Binnenschiffen

Doch nicht nur das Fahrtgebiet, sondern auch Schiffsmerkmale wie grundsätzliche Rumpfform, Breite, Länge und der beladungsabhängige Tiefgang sind den Leistungsbedarf – und damit den Kraftstoffverbrauch – beeinflussende Faktoren. Eine weitere wichtige Determinante sind die gefahrenen Geschwindigkeiten, die in Abhängigkeit von den vorgenannten Randbedingungen zu vollkommen unterschiedlichen Leistungsbedarfen führen.

Das Rechenmodell enthält deshalb als Input schiffsspezifisch Datentabellen zum Leistungsbedarf der einzelnen Schiffe in unterschiedlichen Fahrwassern, bei unterschiedlichen Tiefgängen (= Beladungszuständen) und Geschwindigkeiten. Je

nachdem, welche Geschwindigkeit und Nutzlast im Rechenmodell zugrundegelegt wird, werden die zugehörigen Leistungsbedarfsdaten aus den Tabellen abgefragt und in die Ermittlung des Kraftstoffverbrauchs – einem der wichtigsten Kostenfaktoren – einbezogen. Die im Modell enthaltenen Berechnungsverfahren und Daten wurden im Verlauf des Projektes mehrfach weiterentwickelt und verfeinert.

1.2 Einflußgrößen / Prämissen

In diesem Abschnitt sollen die wichtigsten der Parameter, die verkehrsträgerbezogen oder unternehmensspezifisch im Rahmen der Modellrechnungen eine wesentliche Rolle spielen können, aufgezeigt und deren grundsätzliche Auswirkung auf die Berechnungsergebnisse erläutert werden. Auch werden zu jeder dieser Einflußgrößen deren grundsätzliche Ausprägungsmöglichkeiten sowie die dann im Rechenmodell tatsächlich angesetzten Werte erörtert und begründet.

ALLGEMEINE BINNENSCHIFFFAHRTSBEZOGENE RAHMENBEDINGUNGEN

- Fahrwasserbedingungen
 - Strömungsgeschwindigkeiten
 - Fahrwassertiefe
 - Fahrwasserbreite
- Wasserstraßenklassen
- Brückendurchfahrtshöhen
- Schleusen: Anzahl, Abmessungen, Schleusungszeiten
- Kostenbeeinflussende Vorschriften
 - RheinSchUO
 - BinSchUO ...
- Ladezeiten (Minuten pro Hub; Anzahl verfügbarer Brücken / Kräne)
- Container-Durchschnittsgewichte
- Kostenstrukturen ...

UNTERNEHMENSSEZIFISCHE RAHMENBEDINGUNGEN

- Schiffseigner
- Anzahl Einsatztage p.a.
- Betriebsart ...

Abb. 1–2: Rahmenbedingungen in der Binnenschifffahrt

Für die schiffsübergreifenden Vergleiche werden die kostenrelevanten Stellgrößen für alle Schiffe gleich gesetzt und i.d.R. konstant gehalten, wenn es hier keinen sachlichen Grund gibt, Differenzierungen vorzunehmen. Den Vergleichsrechnungen liegen zunächst die folgenden Grundvoraussetzungen zugrunde:

- Es werden ausschließlich Container-Transporte betrachtet, da Containertransporte sowohl im Gesamtmarkt als auch im Segment der Binnenschifftransporte zu den wachstumsstärksten Marktsegmenten

zählen. Auch werden bei Containertransporten im Durchschnitt höherwertige Güter transportiert und höhere Erlöse erzielt, weshalb für den Semikat hier am ehesten eine tragfähige Wettbewerbsposition zu erwarten sein dürfte

- Wichtigste Quelle und Ziel von Containertransporten in der Binnenschifffahrt in Deutschland sind die Rheinmündungshäfen, mit dem Hafen Rotterdam als Schwerpunkt. Da zudem Containertransporte fast vollständig als Seehafen-Hinterlandverkehre anfallen und der weit überwiegende Teil wiederum über die Rheinschiene abgewickelt wird, liegt es aus Gründen der Praxisrelevanz nahe, exemplarisch Containerverkehre ab bzw. nach Rotterdam zu betrachten
- Im Hinblick auf Relationen, die Teilstrecken mit Kanälen oder engen Wasserstraßen enthalten, wird angenommen, daß bis zum Jahre 2010 – wie dort auch geplant – die Voraussetzungen der Mindest-Wasserstraßenklasse 5b erfüllt sind, so daß zweilagige Containertransporte möglich sind
- Parameter wie Betriebsform (und davon abhängig: Besatzungsanforderungen), Schiffseigner (Partikulier vs. Reederei), Anzahl jährlicher Einsatztage u.a. werden bei den schiffsübergreifenden Vergleichsrechnungen nicht differenziert, da es i.d.R. keinen Grund gibt, hier Differenzierungen vorzunehmen. Bei den Modellrechnungen wird die Betriebsform „Ständige Fahrt“ sowie die Schiffseignerschaft „Partikulier“ angenommen, wobei einheitlich 350 jährliche Einsatztage angesetzt werden. Somit sind gleiche Randbedingungen für alle Schiffe und Schiffstypen gewährleistet.
- Es wird von durchgängigen Schleusenöffnungszeiten ausgegangen
- Das Vorhandensein eines dem jeweiligen Vergleichsfall entsprechenden Container-Aufkommens wird angenommen

Andere wesentliche Parameter, die einen grundsätzlichen Einfluß auf Gesamt-Transportkosten, Kosten pro Einheit (TEU) und Transportzeiten haben und im Folgenden näher erörtert werden, sind:

- Transportentfernung
- Einsatzgebiet / Fahrwasser
- Schiffsgröße und –kapazität / Auswahl der Vergleichsschiffe
- Auslastungsgrad
- Herstellkosten
- Durchschnittliches Ladungsgewicht je TEU
- Fahrtgeschwindigkeit
- Einsatz im Linienverkehr

Transportentfernung

Verkehrsträger mit einem hohen absoluten Fixkostenblock wie Bahn und Binnenschifffahrt haben bei geringen Transportentfernungen relativ hohe Transportkosten zu verzeichnen. Je nach Quelle und den dort verwendeten Annahmen ist bei Binnenschiffstransporten von einer Mindest-Transportentfernung von etwa 200 bis 300 Kilometern auszugehen, damit der Binnenschifftransport gegenüber dem per LKW konkurrenzfähig ist. Da hier von Seehafen-Hinterlandtransporten ausgegangen wird, müssen in die Kosten des Binnenschiffstransports die Kosten für einen Vor- oder Nachlauf mit dem LKW einkalkuliert sein.

Aufgrund der unterschiedlichen Transportkapazitäten der einzelnen Verkehrsträger sind jedoch nicht die Gesamtkosten der Vergleichsmaßstab, sondern die Kosten pro TEU. Diese steigen zwar mit zunehmender Transportstrecke; auf den einzelnen Transportkilometer bezogen verringern sich die Kosten pro Einheit, so daß sich folgender grundsätzlicher Verlauf für die Kosten pro TEU und Kilometer ergibt (Abb. 1–3):

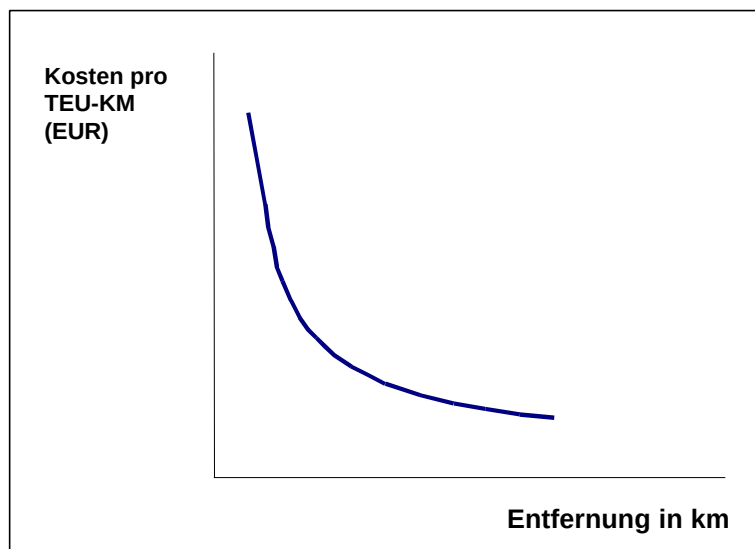


Abbildung 1–3: Kosten pro TEU-Kilometer in Abhängigkeit von der Transportentfernung

Ein solcher Verlauf ist typisch für alle Verkehrsträger; doch je höher der Fixkostenanteil bei einem Verkehrsträger grundsätzlich ist, um so stärker ist die Abnahme der sich bei großen Transportentfernungen ergebenden Kosten pro TEU-Kilometer.

Die durchgeführten Berechnungen befassen sich mit unterschiedlich langen Relationen und erlauben daher Aussagen über die Wettbewerbsfähigkeit des Semikat auf kurzen wie auf langen Transportstrecken.

Einsatzgebiet / Fahrwasser

Ganz entscheidend für die Transportkosten ist das Einsatzgebiet eines Binnenschiffs. So sind die grundsätzlichen Voraussetzungen für einen

kostengünstigen Transport auf dem Rhein i.d.R. wesentlich eher gegeben als auf Kanälen und anderen Wasserstraßen. Neben den im Vergleich zum Rhein ungünstigeren Fahrwasserbedingungen wie geringeren Wassertiefen und –breiten, die bereits oben erörtert wurden, sind Kanäle und andere Flüsse vielfach noch durch folgende Nachteile gekennzeichnet:

- Zeitverlust und Zusatzkosten durch Schleusungen
- Einsatzbeschränkungen aufgrund zu geringer Schleusenabmessungen
- Teilweise existierende Befahrungsgebühren
- Beschränkungen in der Kapazitätsnutzung aufgrund geringer Brückendurchfahrtshöhen; i.d.R. ist deshalb ein Containertransport nur in maximal zwei Lagen durchführbar
- Geschwindigkeitsbeschränkungen aus Gründen der Verkehrssicherheit sowie zum Schutz der Ufer gegen wellenschlagbedingte Schäden

Bei allen diesen Faktoren wird von gleichen Bedingungen für konventionelle Schiffe und Semikatschiffe ausgegangen. Allein bei der Geschwindigkeit im Kanal und engen Flüssen werden teilweise Differenzierungen (s.u. Fahrtgeschwindigkeiten) vorgenommen.

Schiffsgröße und –kapazität / Auswahl der Vergleichsschiffe

Ein wesentlicher Faktor für die Kosten je transportierter Einheit ist die Transportkapazität eines Schiffs, die wiederum in engem Zusammenhang mit dem Auslastungsgrad zu betrachten ist. Unter der Annahme in ausreichendem Maße vorhandener Ladungsmengen – was gleichbedeutend mit voller bzw. hoher Auslastung ist – sinken im Normalfall die Transportkosten pro Einheit mit zunehmender Schiffsgröße. Dies ist zurückzuführen auf einen unterproportionalen Anstieg der fixen Bereitschaftskosten bei gleichzeitiger Abflachung der Betriebskosten. Schematisch kann dieser Zusammenhang wie folgt (Abb. 1–4) dargestellt werden:

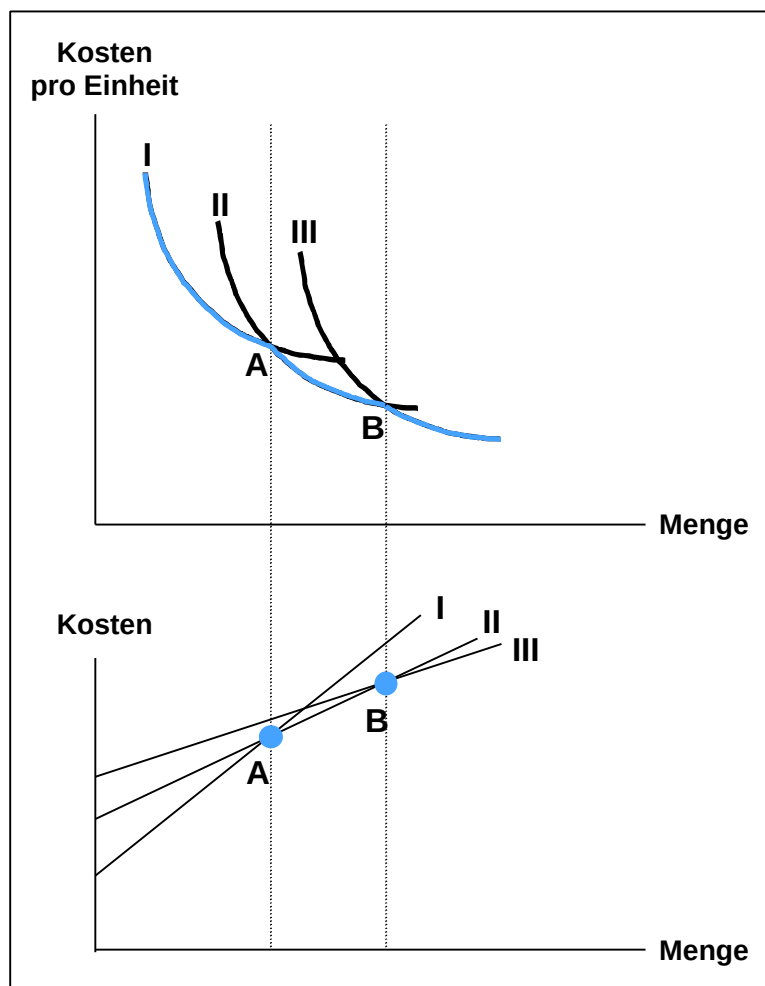


Abb. 1–4: Zusammenhang zwischen Transportmengen, Gesamtkosten und Kosten je Einheit

Bis zum Aufkommen bzw. der Transportmenge A führt der kleinste Schiffstyp (I) zu den günstigsten Stückkosten, im Aufkommensintervall zwischen A und B ist der mittelgroße Schiffstyp II am günstigsten, während bei noch größeren Mengen Schiffstyp III die niedrigsten Kosten je Einheit hat.

In der Praxis ist das Ladungsaufkommen je nach Standort sehr unterschiedlich. Aus diesem Grund werden nach Möglichkeit dem Aufkommen angepaßte Schiffsgrößen eingesetzt.

Um möglichst nur die spezifischen semikatbauart-bedingten Kostenunterschiede aufzuzeigen und rein schiffsgrößen-bedingte Unterschiede weitgehend zu eliminieren, war es erforderlich, jedem Semikat-Schiff ein möglichst „passendes“ Schiff konventioneller Bauart als Vergleichsschiff gegenüberzustellen. Die wesentlichen Merkmale hierfür sind:

- Abmessungen
- Container-Stellplatzkapazität (TEU)
- Tragfähigkeit (Tonnen)

Für den Kanal-Semikat gilt deshalb: Als Vergleichsschiffe wurden konventionelle Schiffe gewählt, die mit zwei Containerlagen (Maximum auf den meisten Kanälen) in

etwa eine ähnliche Anzahl Container wie die Kanal-Semikatschiffe transportieren können. Das heißt: Auf Kanalrelationen liegt eine in etwa gleiche Container-Tragfähigkeit zugrunde; auf anderen Relationen, bei denen die Anzahl der Containerlagen nicht eingeschränkt ist, differiert die Tragfähigkeit zwischen den Semikatschiffen und ihren Vergleichsschiffen stärker.

Schiff	Abmessungen Länge / Breite	Container- Tragf. im Kanalsystem (2 Lagen)	Container-Tragfähigkeit auf dem Rhein		
			TEU	Anzahl Lagen	Tonnen bei 70% Cont.- Auslastung (10 to/TEU)
Kanal-Semikat 60m	60,00 / 11,40	40	80	4	560
Vergleichsschiff Gustav Königs (verl.)	80,00 / 8,20	36	36	2	252
Kanal-Semikat 85m	85,00 / 11,40	72	144	4	1008
Vergleichsschiff Johann Welker	85,00 / 9,50	54	81	3	567
Kanal-Semikat 110m	110,00 / 11,40	104	208	4	1456
Vergleichsschiff GMS	110,00 / 11,40	104	208	4	1456
Rhein-Semikat 118m	118,00 / 22,40	-	448	4	3136

Tab. 1-1: Tragfähigkeit und Container-Kapazität der Semikat-Schiffe und ihrer Vergleichsschiffe

Für den Semikat-60 wurde also eine verlängerte Version des „Gustav Königs“ als Vergleichsschiff gewählt, da dieses mit 36 TEU eine in etwa gleiche Kapazität wie der Semikat-60 (40 TEU) aufweist, wenn man die für Wasserstraßenklasse 5b maximal möglichen zwei Containerlagen in Rechnung stellt. Entfällt die Beschränkung auf zwei Containerlagen – etwa bei Fahrten auf dem Rhein, kann der Semikat-60 in vier Lagen maximal 80 TEU transportieren, während Gustav Königs nicht über zwei Lagen mit 36 TEU hinauskommt.

Eine ähnliche Ausgangsbasis – mit geringeren Unterschieden – findet sich auch für Semikat-85 und das Vergleichsschiff Johann Welker, während der 110 Meter lange Kanal-Semikat genau gleiche Dimensionen und Kapazitäten wie das GMS aufweist. Da die bisher durchgeführten Versuche gezeigt haben, daß die Entwicklung des 118 Meter langen Semikat-Rheinschiffs noch nicht abgeschlossen ist und eine weitere Optimierung möglich ist, wurde vorläufig für dieses auf einen Vergleich mit einem konventionellen Schiff – etwa der Jowi – verzichtet.

Auslastungsgrad

Ausreichende Aufkommensmengen, die den Einsatz kostengünstiger Großschiffe unter Volllast ermöglichen sind ein Idealfall, der in der Realität häufig nicht gegeben ist. Aufgrund zu geringer oder stark schwankender Aufkommensmengen stellen sich in der Praxis im Normalfall die Alternativen

- ein (zu) großes Schiff unterausgelastet einzusetzen oder
- ein kleineres Schiff zwar (weitgehend) ausgelastet fahren zu lassen, hierbei jedoch u.U. auf Ladungsmengen verzichten zu müssen, wenn nicht das gesamte mögliche Aufkommen bewältigt werden kann.

Für eine definierte Schiffsgröße gilt folgende Beziehung zwischen tatsächlichem Auslastungsgrad und Kosten pro Einheit (Abb. 1–5):

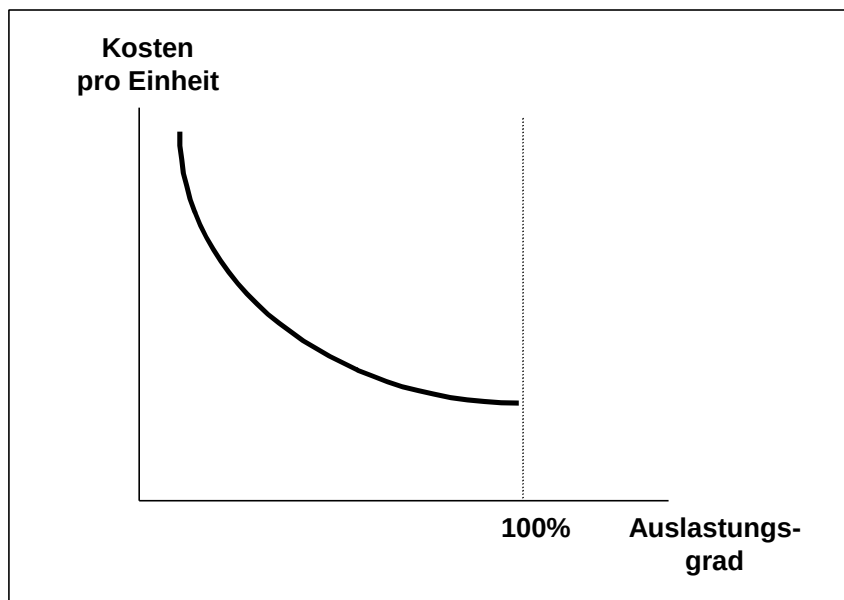


Abb. 1–5: Zusammenhang zwischen Auslastungsgrad und Kosten je Einheit

Mit steigender Auslastung sinken die Kosten je transportierter Einheit, da die Gesamtkosten von der Ladungsmenge weitgehend unabhängig sind.

Grundsätzlich sind im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeitsrechnung verschiedene Konstellationen denkbar, wie z.B.:

- Annahme bestimmter Auslastungsgrade (100 / 90 / 80 / 70% ...)
- Zwei vollständige Lagen Container (Kanalfahrten) bei allen Schiffen, was – je nach Kapazität pro Lage – unterschiedliche TEU-Zahlen bedeuten könnte
- Kombination aus den Fällen a) und b): Es wird (bei Kanalfahrten) eine, gemessen an der Maximalkapazität von zwei vollständigen Lagen, Unterauslastung angenommen

In der Basis-Rechenvariante wird für Fahrten auf dem Rhein eine Auslastung von 70% angesetzt. Bei der Berechnung von Relationen mit Teilstrecken außerhalb des Rheins (Andere Flüsse, Kanäle) wird von einer Beladung mit zwei vollständigen Containerlagen ausgegangen.

Herstellungskosten

Die Herstellungskosten schlagen sich über die Abschreibungen in den Transportkosten nieder und wurden für die konventionellen Vergleichsschiffe aus

dem VBD-Bericht "Herstellkosten von Binnenschiffen"¹ abgeleitet. Für die neu konzipierten Semikat-Schiffe liegen keine entsprechenden Erfahrungswerte oder Anhaltspunkte vor. Gleichwohl war es erforderlich, einen Ansatz für die Herstellkosten dieser Schiffe zu finden, da diese Größe für die Vergleichsrechnungen von Relevanz ist.

Nach VBD-internen Einschätzungen ist davon auszugehen, daß – aufgrund der aufwendigeren Konstruktion – die Herstellkosten eines vergleichbar großen Semikat um ca. 5 bis 15% über denen eines konventionellen Schiffs liegen dürften. Die den u.a. Ergebnissen zugrundeliegenden Kostenrechnungen gehen deshalb von einem entsprechenden Ansatz für die Semikat-Herstellkosten aus.

Durchschnittliches Ladungsgewicht je TEU

Den Berechnungen liegt in der Basisvariante zunächst ein Gesamtgewicht von 10 Tonnen pro TEU zugrunde. In dieser Zahl ist auch das Container-Eigengewicht von etwa 2 Tonnen pro TEU enthalten. Um der Tendenz abnehmender Ladungsgewichte pro TEU gerecht zu werden, wurden alternativ auch Berechnungen für geringere TEU-Ladungsgewichte vorgenommen.

Fahrtgeschwindigkeiten

Für die Vergleichsrechnung stellte sich die Frage, ob für den Semikat im Vergleich zu den konventionellen Schiffen etwa höhere Geschwindigkeiten anzusetzen wären, da der Semikat grundsätzlich als Transportmittel für zeitkritische Containertransporte konzipiert worden ist und somit anzunehmen ist, daß er i.d.R. schneller als konventionelle Binnenschiffe fahren wird.

Dennoch wird hier nicht von vornherein von einem Geschwindigkeitsvorteil des Semikat ausgegangen, vielmehr werden stattdessen sowohl für den Semikat als auch für die konventionellen Schiffe Berechnungen für eine große Geschwindigkeitsbandbreite durchgeführt. Auf diese Weise ist es möglich, für beide Schiffstypen aufzuzeigen, bei welcher Geschwindigkeit das Kostenoptimum (Minimum) liegt und wie hoch die Zusatzkosten sind, wenn – beispielsweise aufgrund von Kundenanforderungen – in einem Geschwindigkeitsbereich jenseits des Kostenoptimums gefahren werden muß.

Die Geschwindigkeitsbereiche, für die die Berechnungen durchgeführt wurden, sind:

- Niederrhein: 12 bis 20 km/h
- Mittel- / Oberrhein: 10 bis 16 km/h
- andere Flüsse, Kanäle: 8 bis 12 km/h

Bei Relationen, die Teilstrecken mit unterschiedlichen Fahrwasserbedingungen enthalten, auf denen wiederum unterschiedliche Geschwindigkeiten möglich sind, war es notwendig, verschiedene Geschwindigkeiten zu einem „Geschwindigkeitsniveau“ zu kombinieren. Ein Beispiel anhand der Relation

¹ VBD: Herstellkosten von Binnenschiffen, 1996

Rotterdam – Karlsruhe zeigt für ein Schiff wie GMS oder Semikat-110 die folgende Tabelle:

Geschwindigkeitsniveaus (Nr.) 	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Beispiel: Relation Rotterdam – Karlsruhe	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h
Teilstrecke 1: Niederrhein (auf)	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Teilstrecke 2: Mittelrhein (auf)	10	11	12	13	14	15	16	16	16
Teilstrecke 3: Mittelrhein (ab)	10	11	12	13	14	15	16	16	16
Teilstrecke 4: Niederrhein (ab)	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Tab. 1–2: Geschwindigkeitsabstufungen für die Relation Rotterdam – Karlsruhe

Ausgehend von den niedrigsten Geschwindigkeiten werden die Geschwindigkeitsniveaus immer um einen weiteren km/h angehoben – solange bis das auf der Teilstrecke mögliche Maximum erreicht ist. So können in den Stufen 8 und 9 die Geschwindigkeiten für die Teilstrecken 2 und 3 nicht weiter angehoben werden, da das Maximum bei etwa 16 km/h erreicht ist. Auf den Teilstrecken zwei und drei wird deshalb die höchstmögliche Geschwindigkeit von 16 km/h beibehalten, während die Geschwindigkeit auf den Teilstrecken 1 und 4 noch weiter angehoben wird.

Die in der obigen Tabelle angegebenen Geschwindigkeiten sind „Eigen-Geschwindigkeiten“ der Schiffe (ohne Strömungseffekt; „Geschwindigkeit durch das Wasser“). Die in den Grafiken des Ergebnisteils dieses Berichts auf der Abszisse ablesbaren Geschwindigkeiten sind die Durchschnittsgeschwindigkeiten, die sich über alle Teilstrecken einer Relation ergeben.

Die Geschwindigkeits-Obergrenzen ergeben sich aus Einschränkungen, die die Fahrwasserbreite und Fahrwassertiefe sowie der Beladungszustand eines Schiffs diktieren. Weitere Gründe für Geschwindigkeitsbeschränkungen liegen insbesondere bei Kanälen und engen Flüssen in erhöhten Sicherheitserfordernissen sowie in der Vermeidung von wellenschlagbedingten Beschädigungen des Ufers.

In diesem Zusammenhang ist auch hervorzuheben, daß – unter sonst gleichen Bedingungen – der Semikat in seitlich stark beschränktem Fahrwasser (insbes. Kanälen) etwa zwei km/h schneller als konventionelle Binnenschiffe fahren könnte und dabei dennoch nur einen etwa gleich starken Wellenschlag erzeugen würde². Aus diesem Grund wurde für die Semikat-Schiffe in derartigen Fahrwassern teilweise eine um ein bis zwei km/h höhere Geschwindigkeit als für die konventionellen Schiffe angenommen, wobei hier – im Sinne einer Machbarkeitsstudie – aktuell einschränkende Faktoren wie derzeit existierende Geschwindigkeitsbeschränkungen, Überholproblematik u.ä. unberücksichtigt bleiben mußten bzw. als künftig lösbar betrachtet wurden.

² Diese Annahme läßt sich aus den bisherigen hydrodynamischen Versuchen ableiten, müßte jedoch durch weitere Versuche, die nicht zum Projektumfang gehörten, verifiziert werden.

Einsatz im Linienverkehr

In der Container-Binnenschifffahrt sind regelmäßige, nach festen Fahrplänen verkehrende Liniendienste die Regel. Dieser Aspekt ist in verschiedener Hinsicht für die Kostenbetrachtung von Bedeutung:

- Um die Fahrpläne einzuhalten, müssen Abfahrten zu bestimmten Zeiten angeboten werden, mit der Folge, daß nicht gewartet werden kann bis das Schiff eine genügende Auslastung erreicht hat. Dies kann im Einzelfall zu Unterauslastungen und damit höheren Kosten pro TEU führen
- In Abhängigkeit von der notwendigen Anzahl Abfahrten in einem Betrachtungszeitraum (wie z.B. einer Woche), Transportentfernung und Fahrtgeschwindigkeiten u.a. läßt sich die notwendige Anzahl Schiffe eines bestimmten Typs errechnen. Sollte sich dann etwa beim Vergleich zweier kapazitätsähnlicher Schiffe zeigen, daß Typ A bei einem Umlauf zwar niedrigere Kosten pro TEU erreicht als Typ B, von letzterem Schiffstyp jedoch eines weniger benötigt wird, um beispielsweise fünf Abfahrten pro Woche anbieten zu können, kann Typ B – bezogen auf die Gesamtzahl aller benötigten Schiffe – insgesamt durchaus kostengünstiger sein.

Die Beziehungen zwischen den verschiedenen Einflußgrößen, dem Rechenmodell und dessen Ergebnissen lassen sich somit zusammengefaßt wie folgt abbilden:

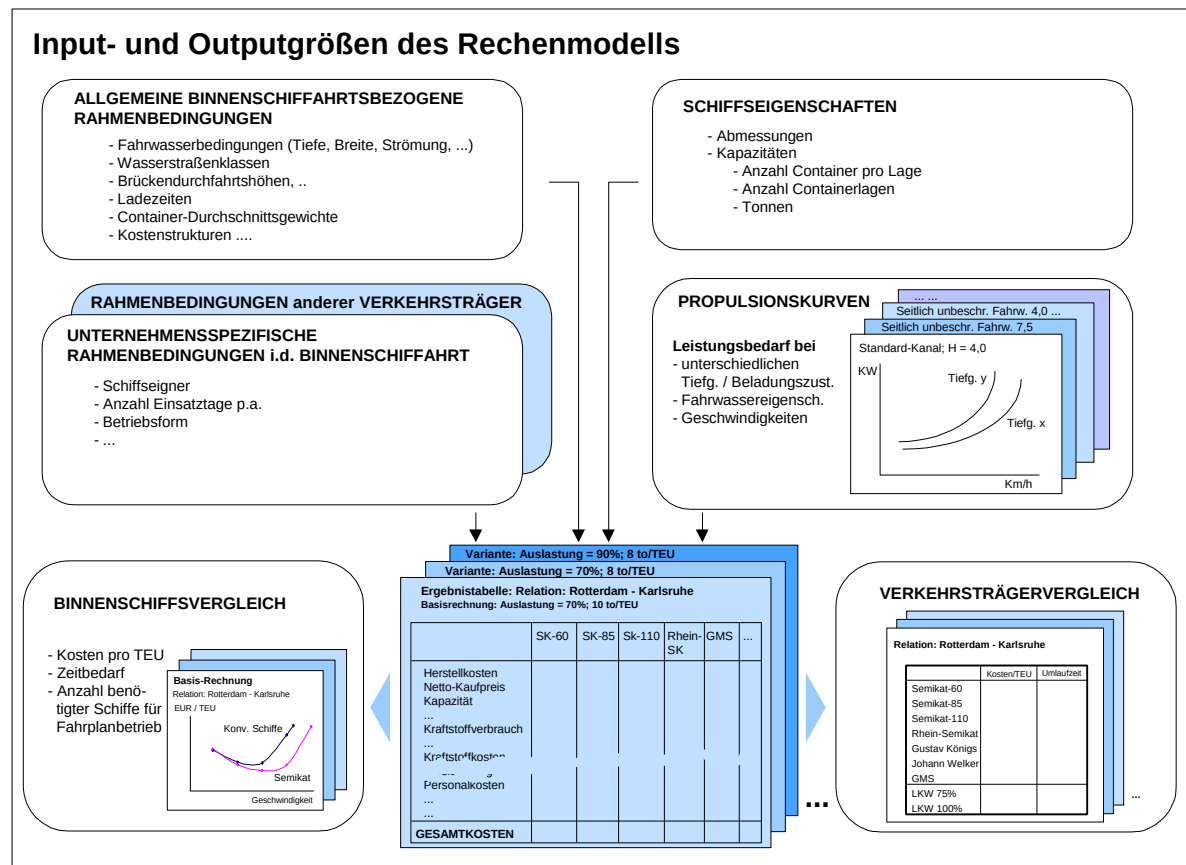


Abb. 1–6: Skizze des Modells für die Kostenberechnungen

2 Binnenschiffs-Vergleichsrechnungen

2.1 Vergleich der SEMIKAT-Schiffe mit konventionellen Schiffen

2.1.1 Vergleichsbasis und -möglichkeiten

Ein anderen Schiffen in allen Belangen überlegenes Schiff kann es nicht geben, da es von einer Vielzahl unterschiedlicher Faktoren abhängt, welche Eigenschaften vorteilhaft oder nachteilig sind. Vergleichende Betrachtungen müssen deshalb auf praxisrelevanten Voraussetzungen basieren. Das bedeutet beispielsweise, daß die (potentielle) Wirtschaftlichkeit eines Schiffs bzw. Schiffstyps nicht eindimensional nur an der Größe „Kosten pro TEU“ festgemacht wird, sondern daß weitere Aspekte wie etwa der Zeitbedarf für einen Umlauf oder die Anzahl benötigter Schiffe für die Aufnahme eines fahrplanmäßigen Liniendienstes oder für die Bewältigung eines bestimmten Container-Aufkommens auf einer Relation untersucht werden. Auch müssen diese Aspekte für verschiedene, modellhafte Relationen und Gegebenheiten untersucht werden – zumindest für solche, auf die der neue zu untersuchende Schiffstyp hin konzipiert wurde.

Diesen Vorgaben entsprechend orientieren sich die in den nächsten Abschnitten wiedergegebenen Ergebnisse an den in folgender Abbildung skizzierten Kriterien:

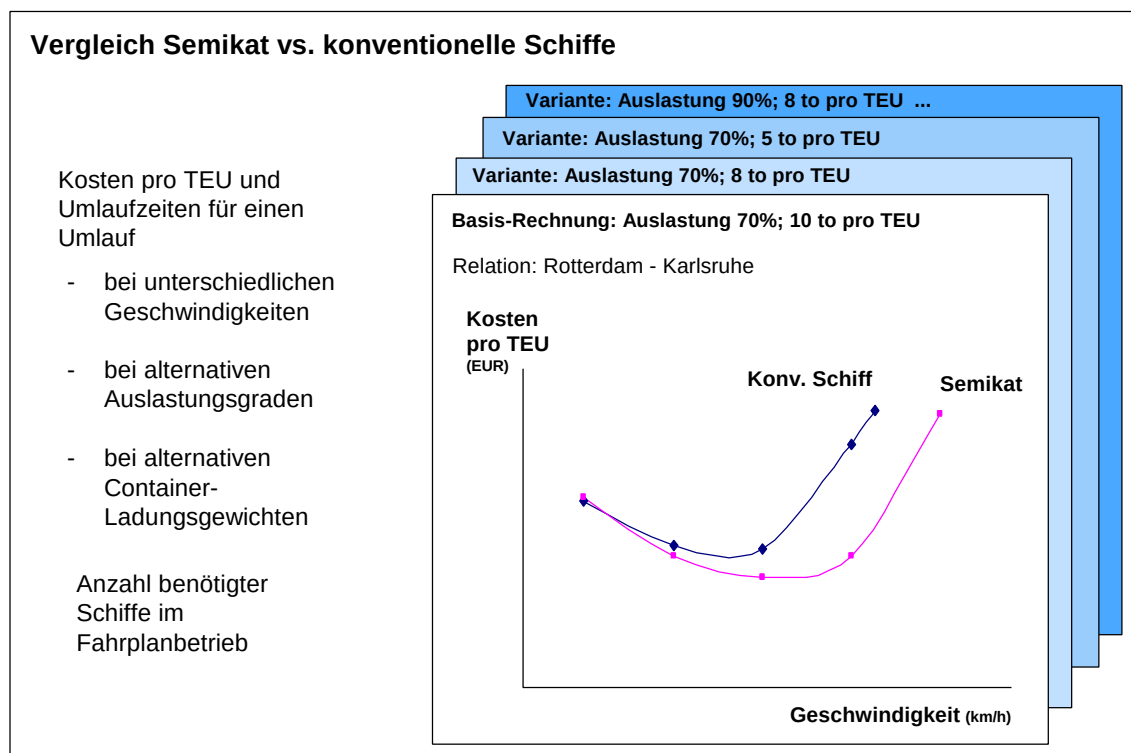


Abb. 2–1: Aufbau und Kriterien der Schiffsvergleichsrechnungen

(a) Kosten pro TEU für fortlaufende Umläufe auf einer festen Relation

Diese Größe geht von sämtlichen auf einen Schiffsumlauf entfallenden – betriebsabhängigen und -unabhängigen – Kosten aus. Auch die mit dem Umlauf

verbundenen Umschlagszeiten und -kosten werden in die Berechnungen einbezogen. Die Gesamtkosten eines Umlaufs werden dann durch die Anzahl transportierter TEU dividiert. Zusätzlich zur absoluten Höhe der Kosten pro TEU werden, soweit sinnvoll, auch die Kostenstrukturen aufgezeigt.

Darüber hinaus ist den Transportkosten der Zeitbedarf für einen Umlauf gegenüberzustellen.

(b) Zeitbedarf für einen Umlauf

Neben der Höhe der Transportkosten ist der Faktor Zeit i.d.R. ein wesentliches Beurteilungskriterium für die Eignung eines Transportmittels aus Sicht eines Verladeters oder Spediteurs. Zwar wird der Semikat in Bezug auf die grundsätzlichen Kosten- und Zeitstrukturen in jedem Fall einem herkömmlichen Binnenschiff ähnlicher sein als der LKW. Andererseits zielt der Semikat aufgrund seiner Ausrichtung als schnelles Containerschiff auf das Marktsegment zwischen konventionellem Binnenschiff und LKW, welches durch höhere Zeitanforderungen als beim konventionellen Schiff und zugleich auch durch höhere Preis- / Kostenzugeständnisse als bei diesem gekennzeichnet ist.

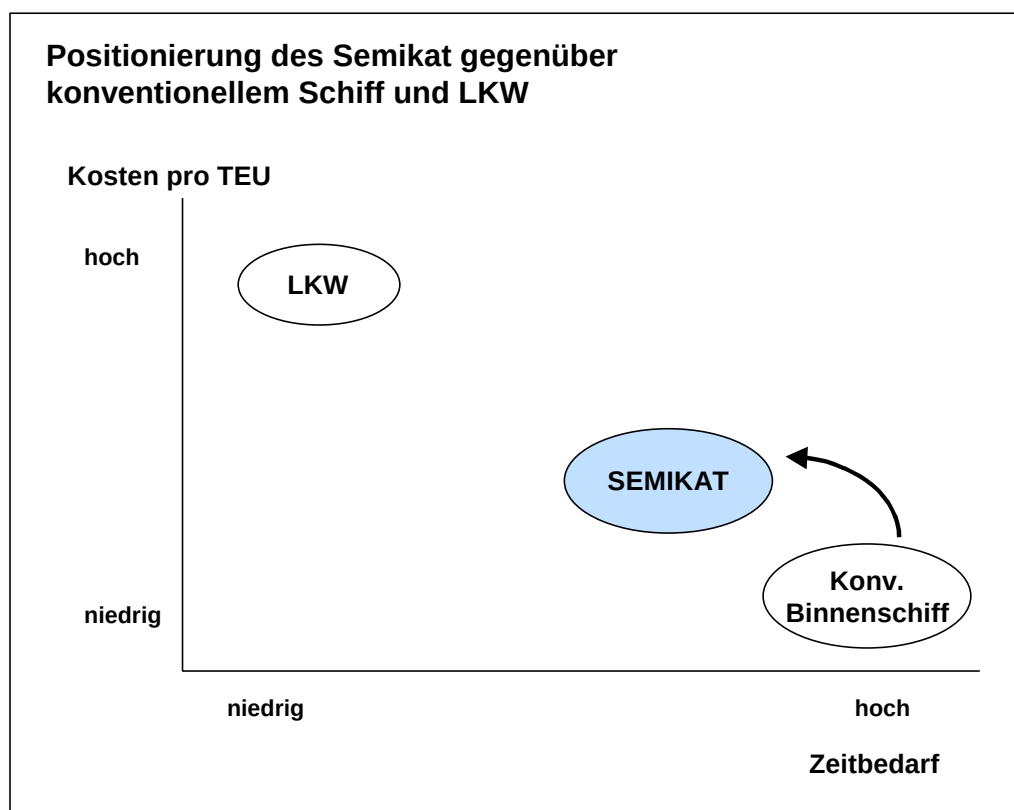


Abb. 2-2: Zu erwartende Positionierung des Semikat im Wettbewerb

Der Zeitbedarf für einen Umlauf enthält auch die Zeiten, die für den Umschlag der Container benötigt werden. Den tatsächlichen Verhältnissen in den meisten Binnenhäfen entsprechend, wird im Rahmen der Berechnungen unterstellt, daß Be- und Entladung eines Schiffs über eine einzelne Containerbrücke erfolgen. Je größer

ein Schiff ist, um so nachteiliger ist dies im Vergleich zu kleineren Schiffen, da das Verhältnis zwischen „produktiven“ Fahrtzeiten und „unproduktiven“ Liegezeiten im Hafen beim größeren Schiff ungünstiger ist.

(c) Notwendige Anzahl Schiffe für einen Fahrplanbetrieb auf der betrachteten Relation

Hier wird die Grundfrage gestellt, wieviele Schiffe benötigt werden, um eine bestimmte Anzahl von Abfahrten pro Woche sicherzustellen, wie es bei Container-Liniendiensten heute üblich ist. Dabei wird für die jeweilige Relation von unveränderten Berechnungsgrundlagen ausgegangen, d.h. wenn die Berechnung unter „Kosten pro TEU für fortlaufende Umläufe auf einer Relation“ von einer Auslastung in Höhe von 70% ausging, so liegt der gleiche Auslastungsgrad auch bei der Berechnung der notwendigen Anzahl Schiffe zugrunde.

Das Kriterium „Notwendige Anzahl Schiffe“ hat dort seine Berechtigung, wo der Einsatz mehrerer Schiffe erforderlich ist, um einen Markt zu bedienen, wie beispielsweise im Container-Liniendienst. Hier könnte es trotz günstigerer „Pro-TEU-Kosten“ bei Schiffstyp A günstiger sein, Schiffstyp B (mit höheren Pro-TEU-Kosten) einzusetzen, wenn – etwa aufgrund geringerer Transportdauer – von diesem ein Schiff weniger einzusetzen wäre. Im Falle eines Partikuliers mit einem einzigen Schiff ist diese Sichtweise jedoch nicht relevant.

Obwohl in der Realität natürlich nur „ganze“ Schiffe fahren können, sind in den Ergebnistabellen gebrochene Zahlen ausgewiesen, um den rechnerischen Unterschied zwischen Semikat und Vergleichsschiff zu verdeutlichen. In der Praxis würden die Angaben

- 4,9 Semikat-Schiffe und
- 5,1 Konventionelle Schiffe

bedeuten, daß fünf Semikat-Schiffe oder sechs konventionelle Schiffe – mit entsprechenden Auswirkungen auf die Kosten – eingesetzt werden müßten, während der rechnerische Unterschied nur 0,2 Schiffe beträgt. Daß hier dennoch die genauen, gebrochenen Zahlen wiedergegeben werden, ist auf die Tatsache zurückzuführen, daß schon relativ geringe Variationen in den Berechnungsprämissen (z.B. Warte-, Puffer-, Ladezeiten) bei einer Ganzzahlbetrachtung überproportionale Effekte hervorrufen könnten. Denn bereits eine – um in obigem Beispiel zu bleiben – z.B. durch Prämissenänderung bedingte Erhöhung der Anzahl um 0,2 würde bei beiden Schiffstypen die Notwendigkeit des Einsatzes von sechs Schiffen bedeuten.

Um derartige willkürlich anmutende Effekte zu vermeiden, wird in dieser Untersuchung auf die genaue Differenz abgestellt. Dementsprechend kann bei dieser Kennzahl ein Unterschied ab etwa 0,3 oder 0,4 Schiffen als relevant und kostenerheblich eingestuft werden, da hier bereits eine große Wahrscheinlichkeit besteht, daß tatsächlich ein Schiff mehr als beim Vergleichsschiff benötigt wird.

Die Berechnungen, deren Ergebnisse in den nachfolgenden Abschnitten dargestellt werden, basieren auf folgenden Hauptannahmen:

Annahmen in der BASISRECHNUNG	
Containerstellplatz-Auslastungsgrad	
- Rhein-Relation	70%
- Kanal-Relation und Rhein-Kanal-Relation	2 vollständige Lagen
Container-Ladungsgewicht (incl. Container-Eigengewicht)	10 to/TEU

Die hierauf basierenden Berechnungen werden nachfolgend als „Basisrechnung“ bezeichnet.

Ausgehend von diesen Eckdaten wurden in zusätzlichen Berechnungsvarianten die durchschnittlichen Gewichte pro Container und die Auslastungsgrade modifiziert, um sich abzeichnenden Entwicklungen wie abnehmenden Container-Ladungsgewichten und stark wachsendem Containeraufkommen (-> zunehmende Auslastung) gerecht zu werden. Hierzu wurden konkret folgende Konstellationen berechnet:

In den Varianten A und B werden bei konstanter Auslastung von 70% (bzw. im Kanal: zwei Lagen) die Container-Ladungsgewichte auf acht bzw. fünf Tonnen pro TEU reduziert.

Variante A	
Containerstellplatz-Auslastungsgrad	
- Rhein-Relation	70%
- Kanal-Relation und Rhein-Kanal-Relation	2 vollständige Lagen
Container-Ladungsgewicht (incl. Container-Eigengewicht)	8 to/TEU

Variante B	
Containerstellplatz-Auslastungsgrad	
- Rhein-Relation	70%
- Kanal-Relation und Rhein-Kanal-Relation	2 vollständige Lagen
Container-Ladungsgewicht (incl. Container-Eigengewicht)	5 to/TEU

In der Variante C wird der Auslastungsgrad von 70 auf 90% angehoben und es wird ein durchschnittliches Container-Ladungsgewicht von acht Tonnen pro TEU angenommen. Diese Variante wird dann insbesondere mit Variante A verglichen.

Variante C	
Containerstellplatz-Auslastungsgrad	
- Rhein-Relation	90%
- Kanal-Relation und Rhein-Kanal-Relation	2 vollständige Lagen
Container-Ladungsgewicht (incl. Container-Eigengewicht)	8 to/TEU

Die Aufgabenstellung des Projektes umfaßte u.a. die Analyse verschiedener Größenvarianten des Semikat und einen Vergleich des Semikat mit konventionellen Binnenschiffen. Wie bereits oben erläutert, wurde jeder Semikat-Variante (mit

Ausnahme des großen Rheinschiffs) ein konventionelles Vergleichsschiff zugeordnet. Den in den folgenden Abschnitten dargestellten Berechnungsergebnissen vorgreifend sei bereits an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß die Vergleichsergebnisse der beiden kleinsten Semikat-Varianten (Semikat-60 und Semikat-85) überwiegend deutlich positiv zugunsten der Semikatschiffe ausgefallen sind. Allerdings bestehen in beiden Fällen deutliche Kapazitätsunterschiede zugunsten der Semikatschiffe, so daß davon auszugehen ist, daß die ermittelten Kostenvorteile zumindest teilweise aus der Schiffsgröße bzw. -kapazität resultieren, ohne daß deren Anteil genauer spezifizierbar wäre.

Primäres Ziel der Berechnungen war hingegen, bauartbedingte Zeit- und Kosteneffekte herauszuarbeiten und kapazitätsbedingte Einflüsse möglichst weitgehend auszuschließen. Aus diesem Grund konzentriert sich der Vergleich Semikat – konventionelles Binnenschiff im wesentlichen auf die Gegenüberstellung des 110 Meter langen Semikat-Kanalschiffs mit dem GMS, da diese Schiffe abmessungsidentisch sind und die gleiche Containerstellplatzkapazität – 208 TEU in vier Lagen – haben.

Um dennoch einen Eindruck von den Kennzahlen der kleinen Semikat-Schiffe im Vergleich zu den konventionellen Vergleichsschiffen zu bieten, werden zu diesen die Berechnungsergebnisse für eine Rhein-Relation (Rotterdam – Karlsruhe) und eine Relation mit Kanalstrecken-Anteil (Rotterdam – Berlin) – und dort jeweils in der Basisrechnung – dargelegt und erörtert; für andere Relationen und Rechenvarianten wird hingegen auf einen weiteren Vergleich von Semikat-60 und Semikat-85 mit ihren konventionellen Vergleichsschiffen verzichtet. Der Vollständigkeit halber sind die Ergebnisse dieser analytisch nicht tiefer betrachteten Schiffsvergleiche in den Anhang aufgenommen worden.

Relationen

Als Modell-Relationen wurden ausgewählt

- (a) Rhein-Kanal-Relation: Rotterdam – Berlin
- (b) Kanal-Relation: Duisburg – Hannover
- (c) „Lange“ Rhein-Relation: Rotterdam – Karlsruhe
- (d) „Kurze“ Rhein-Relation: Rotterdam – Duisburg

Die Relation Rotterdam – Berlin steht stellvertretend für Relationen, bei denen die Gesamtstrecke aus einem hohen Streckenanteil mit seitlich begrenztem und flachem Fahrwasser wie Kanälen und engen Flüssen besteht. Die Untersuchung der Wirtschaftlichkeit des Semikat auf einer derartigen Relation ist insofern unabdingbar, als eines der neuen untersuchten Schiffe – in drei verschiedenen Längenvarianten – speziell als Kanalschiff konzipiert wurde. Den Berechnungen liegt die Prämisse zugrunde, daß die in den nächsten Jahren geplanten Ausbaumaßnahmen auf dieser Strecke realisiert werden, so daß als Mindest-Wasserstraßenklasse 5b angenommen werden kann.

Aufgrund der enormen Bedeutung des Rheins war die Betrachtung von Containerverkehren auf einzelnen Rhein-Relationen notwendig. Entsprechend der

Aufgabenstellung wurde ein Semikat entwickelt, der aufgrund seiner Dimensionen ausschließlich im Rheinverkehr, z.B. im regelmäßigen Liniendienst, zum Einsatz kommen könnte. Als Relationen wurden für den Rhein eine „lange“ Strecke (Rotterdam – Karlsruhe) und eine „kurze“ Strecke (Rotterdam – Duisburg) gewählt.

Im Hinblick auf die Rhein-Relationen ist Folgendes zu berücksichtigen:

- Die Entwicklung des speziell für den Verkehr auf dem Rhein vorgesehenen großen Rhein-Semikat-Schiffs konnte im Rahmen der durchgeführten Versuche nicht abgeschlossen werden, so daß – wie bereits erwähnt – eine Optimierung nicht möglich war und dementsprechend die von diesem Schiff erreichten Ergebnisse noch verbessert werden könnten
- Die drei Kanalschiff-Varianten sind auf die Verhältnisse in relativ flachen und seitlich begrenzten Fahrwassern hin optimiert worden. Die gute „Kanalgängigkeit“ kann sich somit zumindest teilweise auch im flacheren Fahrwasser von Mittel- und Oberrhein beweisen. Auf das relativ tiefe Wasser des Niederrheins ist der Kanal-Semikat hingegen nicht ausgelegt; die Proportionen zwischen Tiefgang und Wassertiefe sind hier anders, nämlich ungünstiger, als im flacheren Wasser der Kanäle und Nebenflüsse, so daß die Ergebnisse des Semikats für Fahrten auf dem Niederrhein, insbesondere auf dem Teilstück bzw. der Relation Rotterdam – Duisburg, zwar ungünstiger ausfallen, jedoch nicht als repräsentativ für das Semikat-Konzept einzustufen sind. Auf diesen Aspekt wird bei der Analyse der Relation Rotterdam – Duisburg näher eingegangen.

2.1.2 Relation Rotterdam – Berlin

Für Semikat-110 und GMS ergeben sich auf der Relation Rotterdam – Berlin die folgenden Ergebnisse in der Basisrechnung (Abb. 2–3):

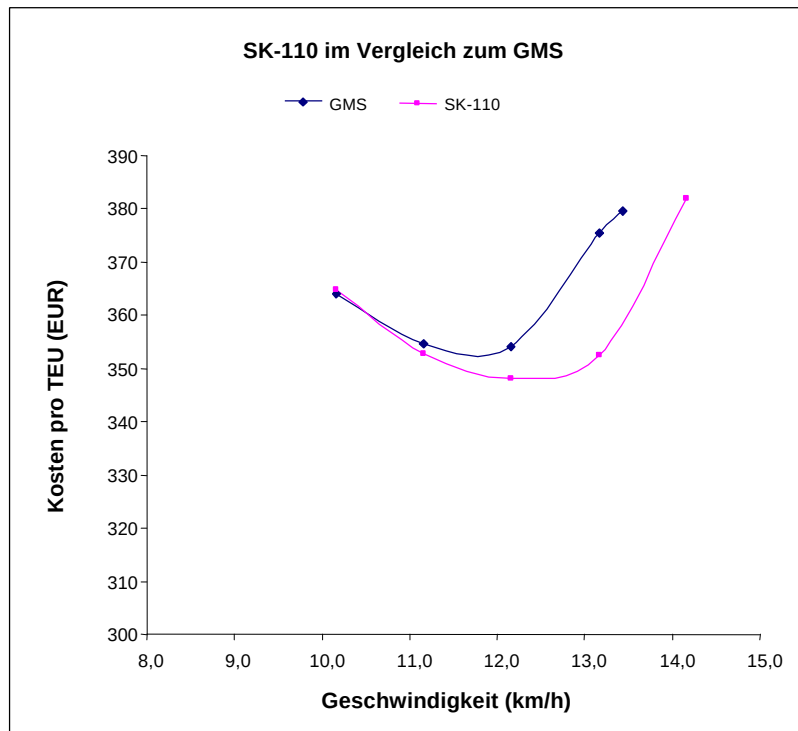


Abb. 2–3: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Basisrechnung)

In der niedrigsten Geschwindigkeitsstufe liegen GMS und Semikat-110 mit einem Kostensatz von etwa 364 EUR pro TEU gleichauf. Im Zuge einer weiteren Geschwindigkeitssteigerung wird das Kostenminimum von beiden Schiffen bei etwa 12 km/h erreicht. Das GMS erzielt hier einen Satz von 354 EUR, der Semikat-110 348 EUR. In der vorletzten Geschwindigkeitsstufe (13,2 km/h) liegen GMS (376 EUR) und Semikat-110 (353 EUR) kostenmäßig weit auseinander.

Hier kommen eindeutig die Stärken des Semikat im Kanalsystem mit seinem flachen Fahrwasser zum Tragen, wohingegen der Semikat-110 auf dem Streckenabschnitt zwischen Rotterdam und Duisburg, wo der Übergang in das Kanalsystem erfolgt, gegenüber dem GMS im Nachteil ist. In der letzten Geschwindigkeitsstufe ist die Geschwindigkeit des GMS nur noch auf der Niederrhein-Teilstrecke steigerbar, so daß auf die gesamte Relation bezogen die durchschnittliche Fahrtgeschwindigkeit nur von 13,2 auf 13,4 km/h erhöht werden kann, wodurch die Kosten von 376 auf 380 EUR ansteigen.

Aus bereits oben genannten Erörterungen ist es vorstellbar und realistisch, den Semikat in relativ engem, flachem Fahrwasser wie Kanälen um ein bis zwei km/h schneller als konventionelle Schiffe fahren zu lassen. Dementsprechend wurde die Geschwindigkeit für den Semikat-110 auf dem Kanal um einen weiteren km/h angehoben (von 13,2 auf 14,2 km/h). Dies führte zu Kosten pro TEU in Höhe von

382 EUR, also zwei EUR mehr als beim GMS, dafür aber auf der Gesamtstrecke mit einer um 0,8 km/h höheren Geschwindigkeit.

Die folgende Abb. 2–4 stellt die Kosten in Relation zur Umlaufzeit dar und bezieht neben der Fahrtgeschwindigkeit die weiteren zeitrelevanten Komponenten Lade- und Entladezeiten sowie Warte-, Puffer- und Navigationszeiten in die Betrachtung ein. Je weiter links ein Punkt auf der Datenkurve liegt, um so höher ist die zugrundeliegende Fahrtgeschwindigkeit und um so geringer ist die Umlaufzeit.

In der Abb. 2–4 ist deshalb als Pendant zu o.a. Abb. 2–3 auf der Abszisse anstelle der Fahrtgeschwindigkeit die sich daraus ergebende Gesamt-Umlaufzeit eingetragen und es ist zu erkennen, daß die etwas höhere Durchschnittsgeschwindigkeit des Semikat in der letzten Geschwindigkeitsstufe zu einer kürzeren Umlaufzeit führt:

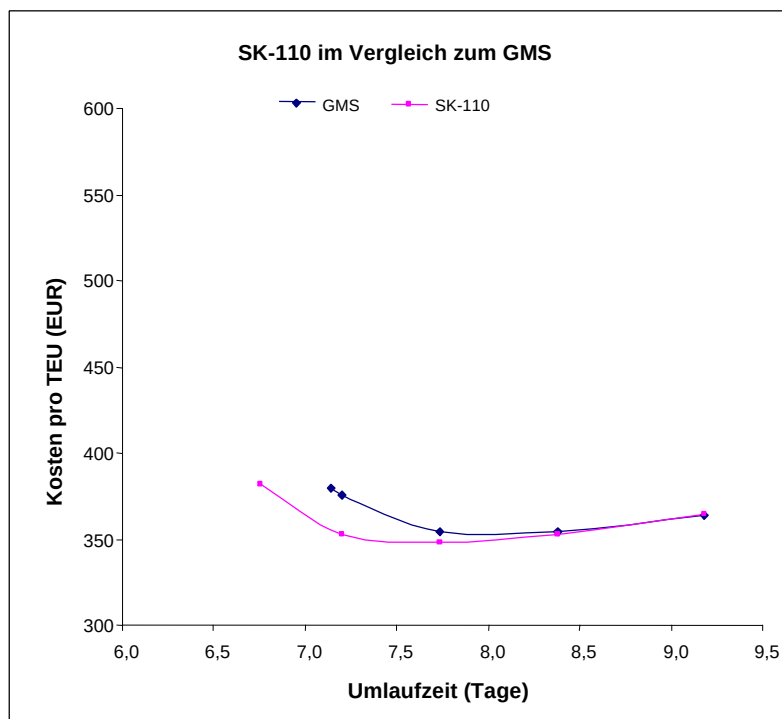


Abb. 2–4: Kosten pro TEU / Umlaufzeit (Basisrechnung)

Der Semikat-110 benötigt 6,8 Tage, das GMS 7,1 Tage für einen Umlauf. In Prozenten ausgedrückt ist damit der Zeitvorteil des Semikat im Vergleich zum GMS mit 4% größer als sein Kostennachteil (1%).

Ohne hiermit die 0,3 Tage Zeitvorteil des Semikat überbewerten zu wollen: Bei gegebenen Prämissen würde für einen Umlauf pro Woche rechnerisch ein einziges Semikat-110-Schiff ausreichen, während dies beim GMS nicht der Fall wäre.

In der folgenden Abb. 2–5 sind die Ergebnisse der drei kanalgängigen Semikat-Varianten abgebildet. Hier fällt der große Abstand des Semikat-60 zum mittelgroßen Semikat-85 auf, während letzterer wiederum deutlich näher an der Kostenkurve des Semikat-110 liegt.

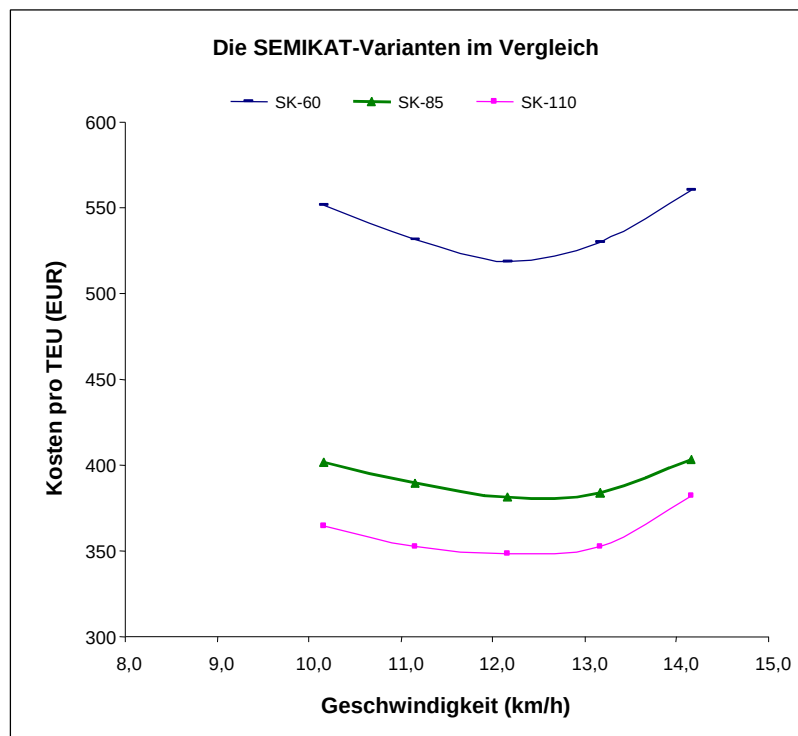


Abb. 2–5: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Basisrechnung)

Wie der Semikat-110 haben auch die beiden anderen Schiffe ihr Kostenminimum bei einer Geschwindigkeit von etwa 12 km/h: Semikat-60 mit Kosten pro TEU in Höhe von 519 EUR, Semikat-85 mit 381 EUR.

Nur in der Anfangsgeschwindigkeit liegen Semikat-60 (552 EUR) und Gustav Königs (550 EUR) auf etwa gleichem Kostenniveau (Abb. 2–6). Bei 13,2 km/h hingegen haben sich die Kostenkurven hingegen deutlich voneinander entfernt und der Semikat-60 liegt mit einem Satz von 530 EUR um rd. 4 % über dem von Gustav Königs. Daß der Vergleich hier relativ eindeutig zugunsten des konventionellen Schiffs ausfällt, liegt ausschließlich darin begründet, daß das Schiff Gustav Königs mit zwei Containerlagen voll ausgelastet ist, während der Semikat-60 mit zwei Lagen nur zu 50% ausgelastet fährt. Damit wirkt sich in dieser speziellen Konstellation der deutlich höhere Auslastungsgrad zugunsten des konventionellen Schiffs aus.

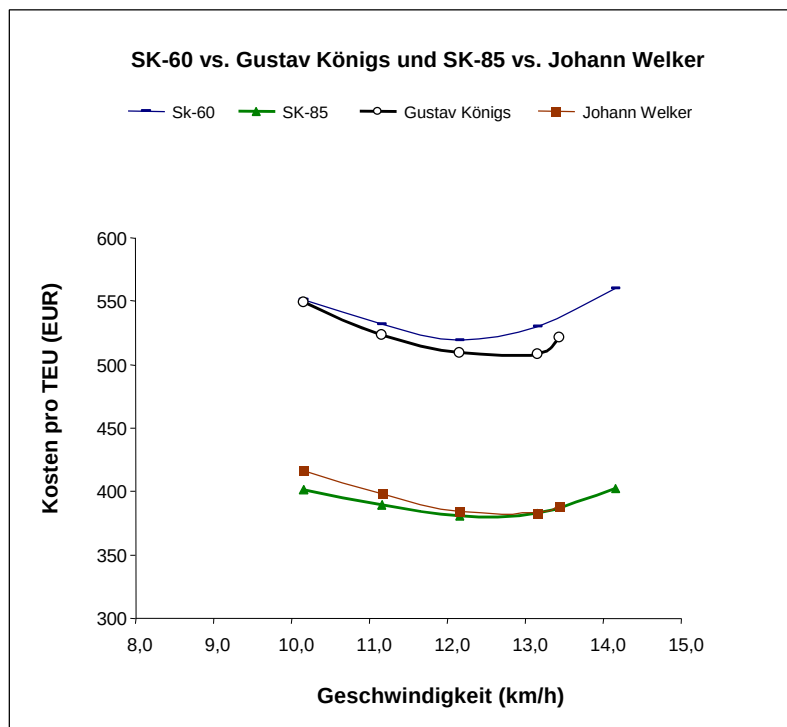


Abb. 2–6: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Basisrechnung)

Der Vergleich zwischen Semikat-85 und Johann Welker hat keinen eindeutigen Gewinner: Bei niedriger Geschwindigkeit hat Semikat-85 einige wenige EURO Kostenvorteil, während bei 12 bzw. 13 km/h beide Schiffe in der Kostenposition etwa gleichauf liegen. Semikat-85 kann seine Geschwindigkeit noch um einen weiteren km/h steigern und ist dann bei einem Kostensatz von 403 EUR pro TEU in der Umlaufzeit um 0,3 Tage schneller als Johann Welker.

Aufgrund der bereits oben erwähnten Problematik, daß die beiden kleinen Semikat-Schiffe und ihre konventionellen Vergleichsschiffe unterschiedliche Kapazitäten haben und ein m.o.w. großer Anteil der erkennbaren Kostenvorteile kapazitäts bzw. auslastungsbedingt sein dürfte, sollen diese Ergebnisse hier nicht weiter kommentiert werden.

Die ohnehin schon positive Bilanz des Semikat-110 gegenüber dem GMS wird noch unterstrichen, wenn die Prämissen zum durchschnittlichen Container-Ladungsgewicht verändert werden³. Abb. 2–7 zeigt, wie sich die Kosten pro TEU in der höchsten Geschwindigkeitsstufe verändern, wenn anstelle der 10 Tonnen pro TEU in der Basisrechnung das Container-Ladungsgewicht auf 8 (Variante A) bzw. 5 Tonnen pro TEU (Variante B) reduziert wird.

³ Ein vollständiger Satz von Abbildungen zu den Rechenvarianten ist im Anhang enthalten. Bei Relationen mit Kanalanteil wird in allen Rechenvarianten eine Auslastung von zwei vollständigen Containerlagen eingehalten. Insofern gibt es für die Relationen Rotterdam– Berlin und Duisburg – Hannover keine Rechenvariante „C“

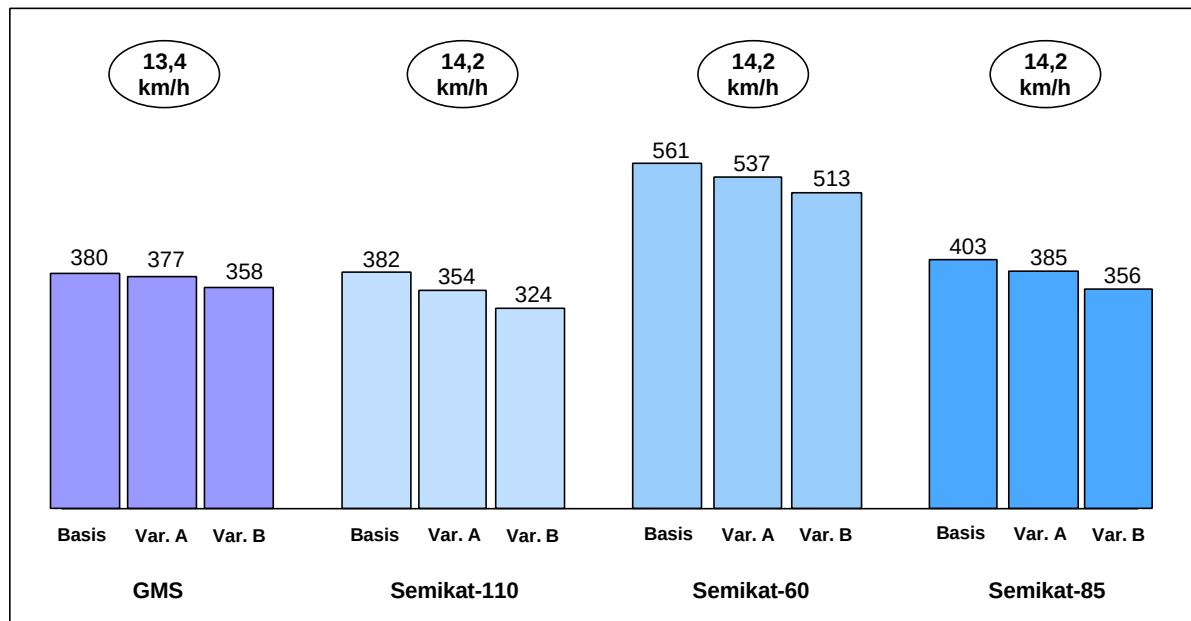


Abb. 2–7: Kosten pro TEU (EUR) und Fahrtgeschwindigkeit für Basisrechnung und Varianten im Vergleich (Basis: Höchste Geschwindigkeitsstufe; Relation Rotterdam – Berlin)

Das GMS kann so die Kosten von 380 auf 377 bzw. 358 EUR reduzieren, was in der Variante B einem Rückgang von knapp 6% gegenüber der Basisrechnung entspricht. Ausgehend von einem etwa gleich hohen Kostenniveau in der Basisrechnung sinken die Kosten beim Semikat-110 deutlich stärker auf 354 bzw. 324 EUR, was letztendlich einen Rückgang von mehr als 15% gegenüber der Basisrechnung bedeutet. Eine Verringerung des durchschnittlichen Container-Ladungsgewichtes schlägt sich beim Semikat also in einer deutlich stärkeren Kostenreduktion als beim konventionellen Schiff nieder.

Auch bei den beiden anderen Semikat-Varianten sinken die Kosten pro TEU spürbar: Beim Semikat-60 um 48 EUR und beim Semikat-85 um 47 EUR – und damit um 9 bzw. 12%. Dabei erreicht der Semikat-85 unter den Prämissen der Variante B sogar das gleiche Kostenniveau wie das größere GMS.

Im Rahmen dieser Betrachtung ist noch zu berücksichtigen, daß die zugrundeliegende Geschwindigkeit beim GMS mit 13,4 km/h unter der der Semikat-Schiffe (14,2 km/h) liegt; d.h. der Semikat-110 erreicht in den Rechenvarianten A und B nicht nur ein deutlich niedrigeres Kostenniveau als das GMS, sondern hat auch eine kürzere Umlaufzeit als dieses.

In der folgenden Abbildung zur Kostenstruktur (2–8) ist zu erkennen, daß mit zunehmender Schiffsgröße der Anteil der wegeabhängigen Kosten tendenziell steigt – ein Phänomen, das auch in den entsprechenden Ergebnissen zu den anderen Relationen wiederzufinden ist. Die dieser Grafik zugrundeliegende „mittlere“ Geschwindigkeit entspricht in etwa der lt. dem VBW (Verein für Binnenschifffahrt und Wasserstraßen) für den jeweiligen Wasserstraßenabschnitt für Motorgüterschiffe üblichen Geschwindigkeit⁴ und ist für alle hier abgebildeten Schiffe identisch.

⁴ VBW Verein für Binnenschifffahrt und Wasserstraßen: Fahrtzeiten der Binnenschiffe, Duisburg 1985

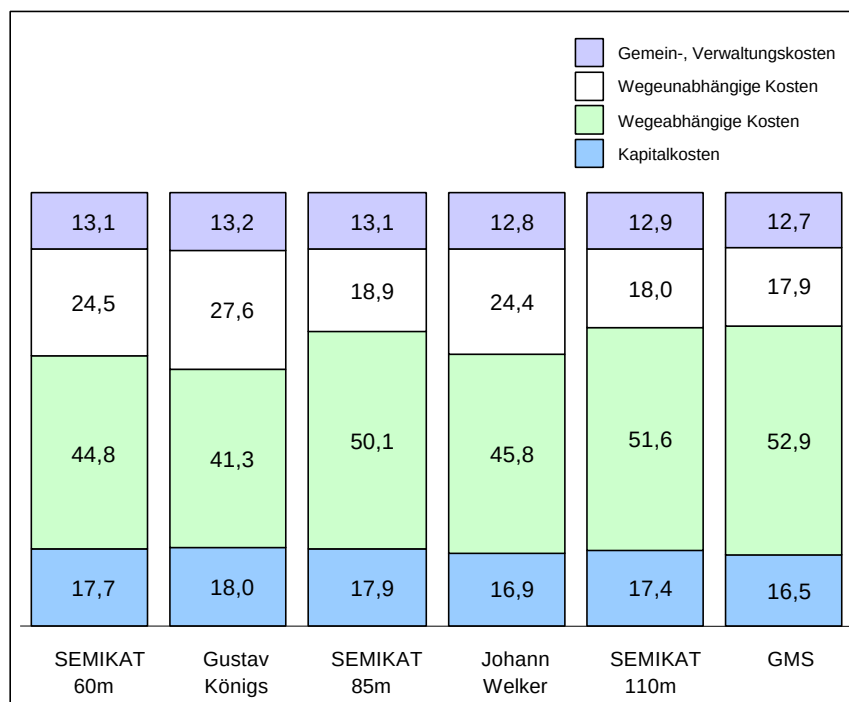


Abb. 2-8: Kostenstruktur (Anteil an Gesamtkosten in %; Basisrechnung)

Wie der Vergleich mit den weiter unten dargelegten Ergebnissen zu den Rhein-Relationen zeigt, ist auf dieser Relation, die durch einen überwiegenden Kanalanteil gekennzeichnet ist, der Anteil der wegeunabhängigen (Personal-) Kosten recht hoch. Dies ist zurückzuführen auf die gegenüber der Schifffahrt auf dem Rhein relativ geringen durchschnittlichen Fahrtgeschwindigkeiten, was aufgrund des dadurch verursachten größeren Zeitbedarfs für die Gesamtreise den Personalkostenblock ansteigen läßt.

Die u.a. Tabelle 2-1 weist aus, wieviele Schiffe benötigt werden würden, um eine bestimmte Anzahl von Abfahrten pro Woche anbieten zu können. Dabei wird schiffs- und wasserstraßenabschnittsspezifisch die maximal erreichbare Geschwindigkeit zugrunde gelegt. Konstellationen, in denen vom Semikat rechnerisch mindestens 0,3 Schiffe weniger als vom jeweiligen konventionellen Vergleichsschiff benötigt werden, sind in der Tabelle farblich hervorgehoben.

Wie Tab. 2-1 erkennen läßt, ist die Differenz zwischen Semikat-110 und GMS in Bezug auf die Anzahl benötigter Schiffe für die Durchführung eines regelmäßigen Liniendienstes relativ gering: Immerhin würden jedoch bei sieben Abfahrten pro Woche vom Semikat-110 0,4 Schiffe weniger als vom GMS benötigt, was im konkreten Fall heißen würde, daß vom Semikat-110 effektiv ein Schiff weniger als vom GMS zum Einsatz kommen würde.

RD – Berlin Basisrechnung – hohe Geschwindigkeit	SK-60	G.K.	SK-85	J.W.	SK-110	GMS
Regelmäßige wöchentliche Abfahrten: Benötigte Anzahl Schiffe bei:						
1 Abfahrt pro Woche	0,92	0,98	0,94	0,99	0,96	1,02
2 Abfahrten pro Woche	1,85	1,95	1,89	1,98	1,93	2,04
3 Abfahrten pro Woche	2,77	2,93	2,83	2,96	2,89	3,06
4 Abfahrten pro Woche	3,70	3,91	3,78	3,95	3,86	4,08
5 Abfahrten pro Woche	4,62	4,89	4,72	4,94	4,82	5,10
6 Abfahrten pro Woche	5,55	5,86	5,67	5,93	5,79	6,12
7 Abfahrten pro Woche	6,47	6,84	6,61	6,92	6,75	7,14

Tabelle 2-1: Anzahl benötigter Schiffe für einen Liniendienst auf der Relation Rotterdam – Berlin (Basisrechnung)

Fazit für die Relation Rotterdam - Berlin

Der Vergleich zwischen Semikat und konventionellem Binnenschiff fällt überaus positiv zugunsten des Semikat-Konzeptes aus. Das hier als Vertreter der konventionellen Schiffe primär betrachtete GMS kann lediglich bei niedrigen Geschwindigkeiten kostenmäßig mit dem Semikat mithalten. Mit zunehmender Geschwindigkeit vergrößert sich die Kostendifferenz zugunsten des Semikat.

Bei höheren Geschwindigkeiten liegen die Kosten des GMS deutlich über denen des Semikat; zudem ist der Semikat in der Lage, auf den Kanal-Teilstrecken etwas schneller als das GMS zu fahren.

Unter veränderten Prämissen verstärkt sich diese Tendenz – Zunahme der Kostenvorteile des Semikat bei Steigerung der Geschwindigkeit – noch weiter, so daß sogar der kleinere Semikat-85 in die gleichen Kostendimensionen wie das GMS vorstoßen kann.

2.1.3 Relation Duisburg – Hannover

GMS und Semikat-110 kommen auf der Relation Duisburg – Hannover in der Basisrechnung zu folgenden Ergebnissen (Abb. 2–9):

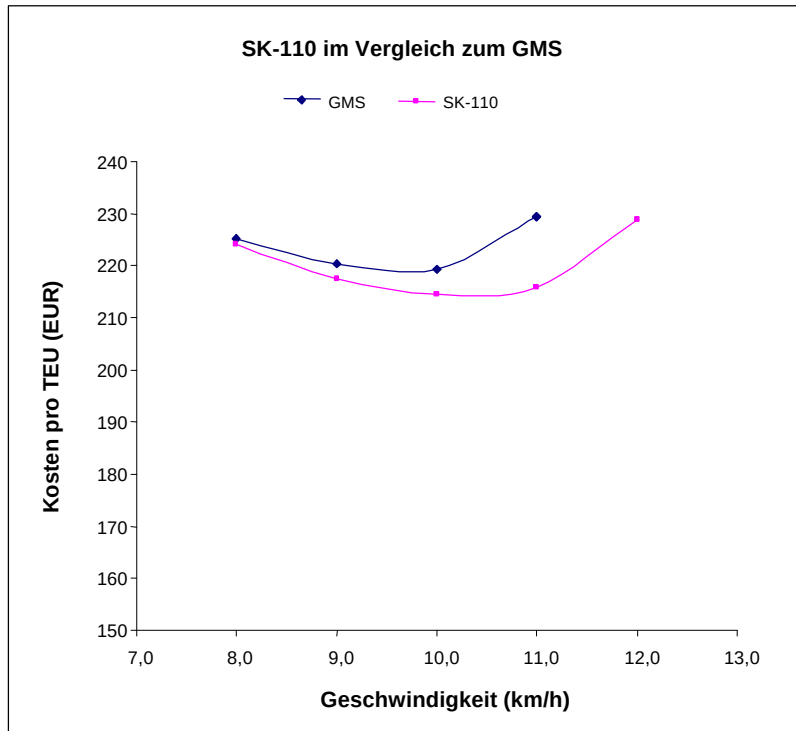


Abb. 2–9: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Basisrechnung)

Der Kurvenverlauf ist vergleichbar mit dem auf der Relation Rotterdam – Berlin: Auch hier liegen die beiden Schiffe nur in der niedrigsten Geschwindigkeitsstufe gleichauf – bei einem Kostensatz von etwa 225 EUR. Mit zunehmendem Geschwindigkeitsniveau entfernen sich die Kurven weiter voneinander. Das Kostenminimum wird bei etwa 10 km/h erreicht; hier kommt das GMS auf einen Kostensatz von 219 und der Semikat auf 215 EUR. Bei 11 km/h, hier der höchsten Geschwindigkeit des GMS erreicht dieses ein Kostenniveau von 229 EUR und liegt damit um 6% über dem des Semikat-110.

Der o.a. Annahme folgend, daß es dem Semikat möglich ist, im Kanal etwas schneller als ein konventionelles Binnenschiff zu fahren, ohne stärkere negative Effekte auf den Zustand der Wasserstraße zu verursachen, wird die Geschwindigkeit des Semikat-110 noch um einen km/h auf 12 km/h angehoben; dabei erreicht der Semikat-110 jetzt mit 229 EUR pro TEU das gleiche Kostenniveau wie das GMS mit einer Geschwindigkeit von 11 km/h.

Beim Vergleich der Semikat-Schiffe untereinander (Abb. 2–10) liegt das 60-Meter-Schiff nach wie vor deutlich über dem Kostenniveau des Semikat-85. Der Abstand des Semikat-85 zum 110-Meter-Schiff ist relativ gering und nimmt mit zunehmender Geschwindigkeit immer weiter ab. In der höchsten Geschwindigkeitsstufe ist der

Kostensatz des Semikat-85 mit 234 EUR nur noch um etwa 2% höher als der von Semikat-110 und GMS.

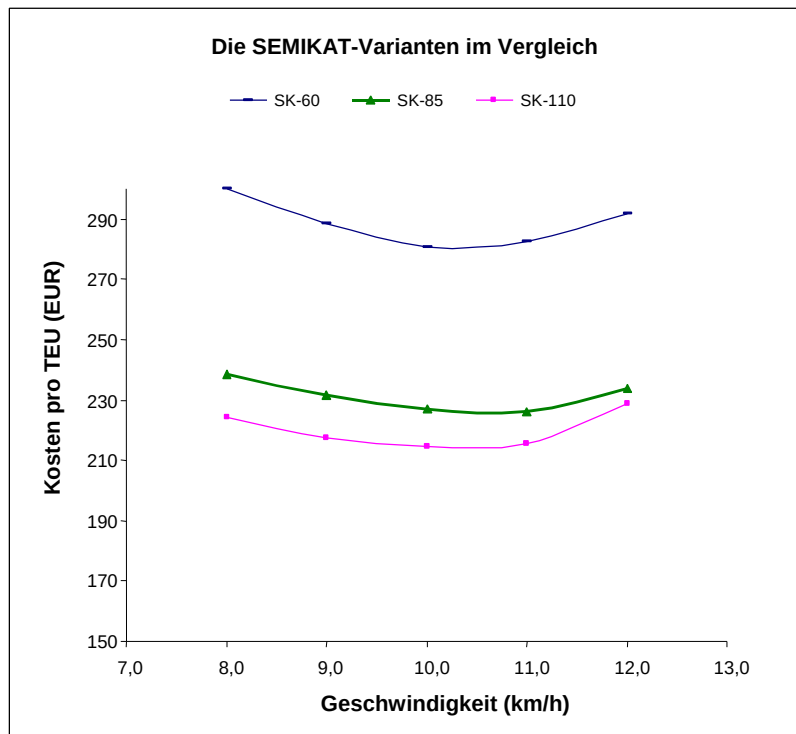


Abb. 2–10: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Basisrechnung)

Eine Änderung der durchschnittlichen Container-Ladungsgewichte verändert die Kostenniveaus wie folgt (Abb. 2–11):

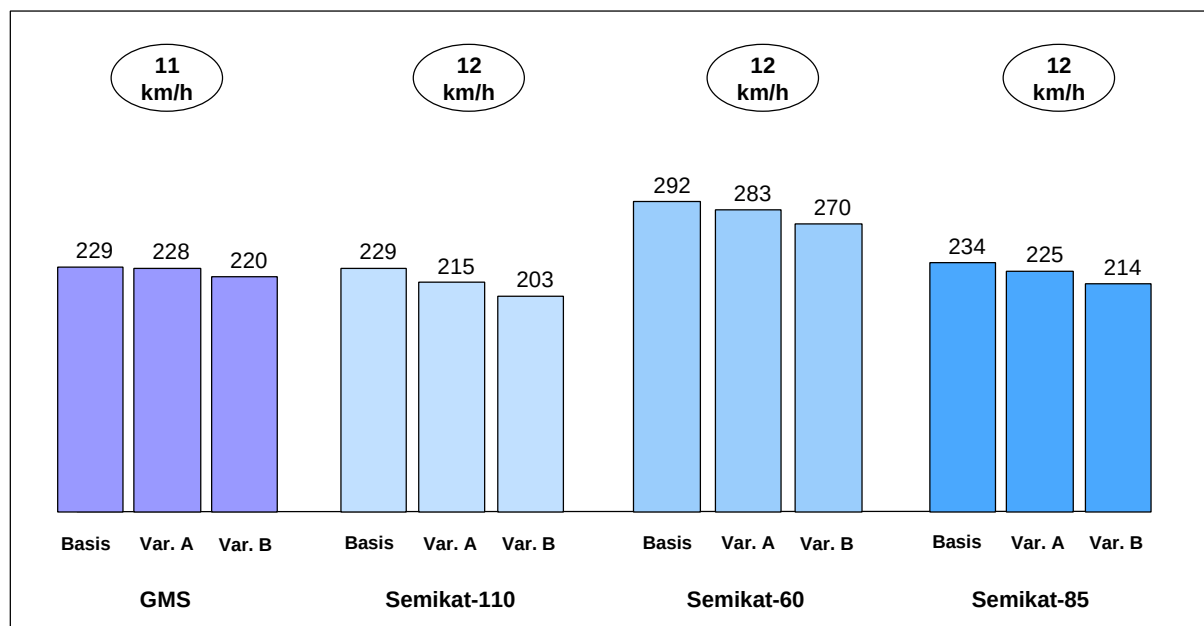


Abb. 2–11: Kosten pro TEU (EUR) und Fahrtgeschwindigkeit für Basisrechnung und Varianten im Vergleich (Basis: Höchste Geschwindigkeitsstufe; Relation Duisburg – Hannover)

Im Vergleich zwischen Basisrechnung und Variante B – Reduktion des Containergewichts von 10 auf 5 Tonnen – sinken beim GMS die Kosten pro TEU um 9 EUR, was einem Rückgang von 4% entspricht. Bei den Semikat-Schiffen sinken die Kosten hingegen – je nach Schiff – um 20 bis 26 EUR, was eine Reduktion von 11% beim Semikat-110 und 8% bei Semikat-60 und Semikat-85 bedeutet.

Nicht nur der Semikat-110, sondern auch der Semikat-85 erreicht sowohl bei 8 Tonnen als auch bei 5 Tonnen pro TEU ein niedrigeres Kostenniveau als das GMS. Zudem ist die Geschwindigkeit der Semikat-Schiffe um einen km/h höher als beim GMS, was, wie die folgende Abb. 2–12 zeigt, zu einer kürzeren Umlaufzeit führt:

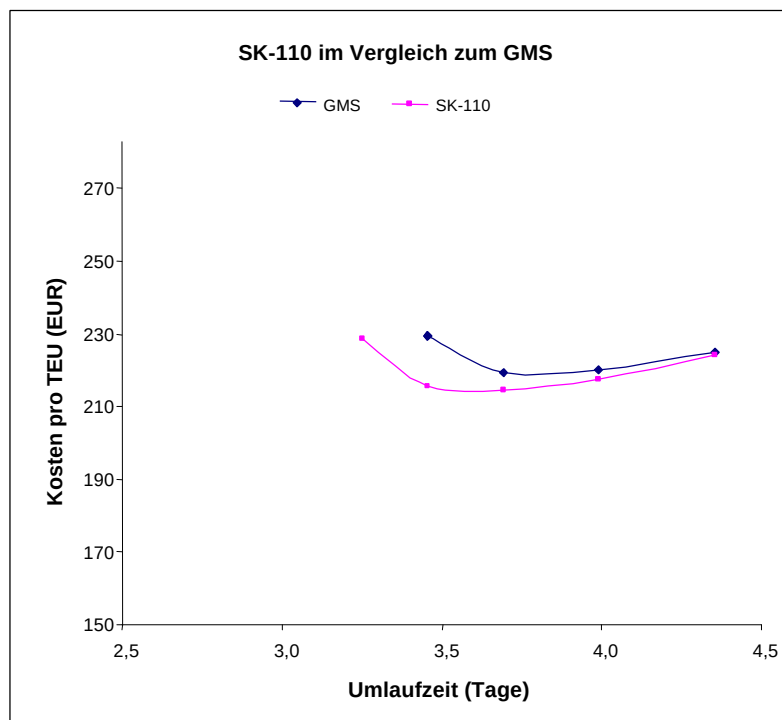


Abb. 2–12: Kosten pro TEU / Umlaufzeit (Basisrechnung)

Während das GMS für einen Umlauf 3,5 Tage benötigt, sind hierfür beim Semikat-110 nur 3,3 Tage (-6%) erforderlich.

Die folgende Abb. 2–13 zur Kostenstruktur verdeutlicht wieder, daß die Strukturunterschiede zwischen Semikat-110 und GMS nicht allzu groß sind. Auch der Semikat-85 hat eine dem Semikat-110 sehr ähnliche Kostenstruktur. Der Semikat-60 hat mit 20,7% einen im Vergleich zum Semikat-85 überproportionalen Anteil bei den wegeunabhängigen Kosten. Der wesentliche Grund hierfür ist darin zu sehen, daß bei beiden Schiffen identische Anforderungen an die Besatzungsstärke bestehen, der Semikat-85 die hieraus resultierenden absolut gleich hohen Personalkosten aber auf eine höhere TEU-Zahl verteilen kann.

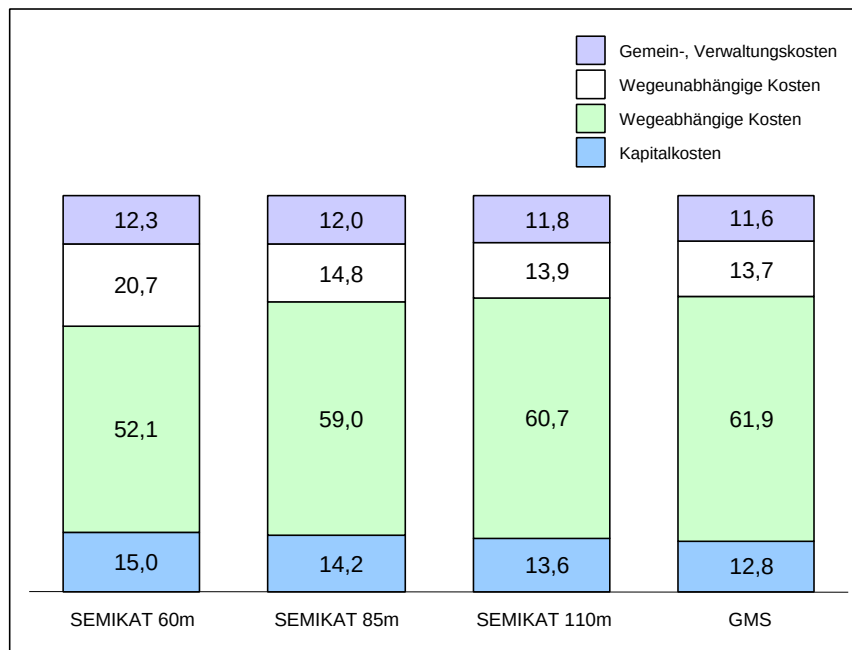


Abb. 2-13: Kostenstruktur (Anteil an Gesamtkosten in %; Basisrechnung)

Wie die folgende Tabelle 2-2 zeigt, gibt es im Vergleich zwischen GMS und Semikat-110 zwar einen Vorteil zugunsten des Semikat, jedoch keine signifikante Differenz in der Anzahl der für einen Liniendienst benötigten Schiffe.

Duisburg – Hannover Basisrechnung – hohe Geschwindigkeit	SK-60	SK-85	SK-110	GMS
Regelmäßige wöchentliche Abfahrten:				
Benötigte Anzahl Schiffe bei:				
1 Abfahrt pro Woche	0,42	0,44	0,46	0,49
2 Abfahrten pro Woche	0,85	0,89	0,93	0,99
3 Abfahrten pro Woche	1,27	1,33	1,39	1,48
4 Abfahrten pro Woche	1,70	1,78	1,86	1,97
5 Abfahrten pro Woche	2,12	2,22	2,32	2,47
6 Abfahrten pro Woche	2,55	2,66	2,79	2,96
7 Abfahrten pro Woche	2,97	3,11	3,25	3,45

Tabelle 2-2: Anzahl benötigter Schiffe für einen Liniendienst auf der Relation Duisburg – Hannover (Basisrechnung)

Die Möglichkeit, die etwas höhere Geschwindigkeit des Semikat auch in einen tatsächlich geringeren Bedarf an Schiffen gegenüber dem GMS umzusetzen, würde erst im Falle von mehreren Abfahrten pro Tag zum Tragen kommen.

Fazit für die Relation Duisburg - Hannover

Auch auf dieser Relation ist für das Semikat-Konzept ein positives Resümee zu ziehen. Schon in der Basisrechnung schneidet der Semikat-110 bei mittleren bis höheren Geschwindigkeiten kostenmäßig besser als das GMS ab.

Eine Veränderung der Prämissen in Richtung geringerer Container-Ladungsgewichte vergrößert den Abstand noch weiter zugunsten des Semikat, so daß sogar der kleinere Semikat-85 absolut ein gleiches bzw. niedrigeres Kostenniveau als das GMS erreichen kann.

Diese positive Beurteilung des Semikat ist noch zu unterstreichen, wenn in Betracht gezogen wird, daß heute noch lange nicht überall im Kanalsystem mit zwei Containerlagen gefahren werden kann. Hier dürfte der Semikat auch für den (eher hypothetischen) Fall mit nur einer Lage Containern und einem durchschnittlichen Container-Ladungsgewicht von 10 oder 12 Tonnen pro TEU deutlich kostengünstiger als das GMS sein und zudem noch schneller als dieses fahren können.

2.1.4 Relation Rotterdam – Karlsruhe

Für diese Relation stellen sich in der Basisrechnung die Ergebnisse für das GMS und den Semikat-110 wie folgt dar (Abb. 2–14):

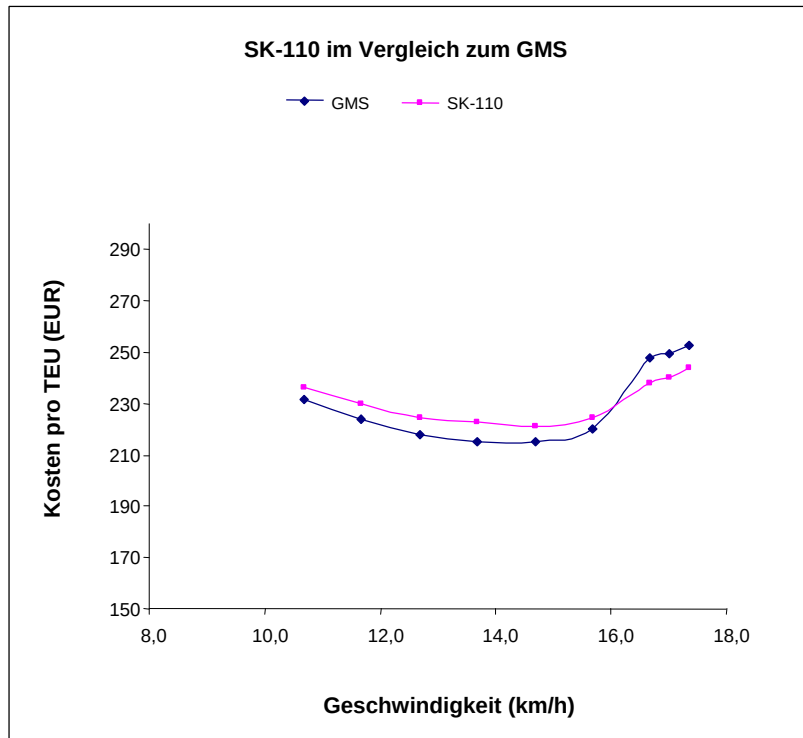


Abb. 2–14: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Basisrechnung)

Bei niedrigen bis mittleren Geschwindigkeiten ist das GMS kostengünstiger als der Semikat-110. Das Kostenminimum wird etwa bei 15 km/h erreicht. Hier liegen die Kosten beim GMS bei 215 und beim Semikat bei 221 EUR pro TEU. Bei einer weiteren Erhöhung der Geschwindigkeit kommen jedoch die spezifischen Eigenschaften der Semikat-Bauweise positiv zum Tragen.

Hohe Geschwindigkeiten im relativ flachen Fahrwasser des Mittelrheins werden vom Semikat mit einem deutlich geringeren Leistungsbedarf als vom GMS umgesetzt, mit der Folge, daß ab etwa 16 km/h der Semikat niedrigere Kosten pro TEU als das GMS aufweist. Beim Geschwindigkeitsmaximum von etwa 17,4 km/h (Durchschnitt über alle Teilstrecken) entstehen beim GMS Kosten in Höhe von 253 und beim Semikat von 244 EUR pro TEU; dabei benötigt der Semikat-110 rund 15% geringere Kraft- und Schmierstoffkosten als das GMS.

Erwartungsgemäß, denn hier kommt der Kapazitätseffekt zum Tragen, liegen die Kosten der kleineren Kanal-Semikat-Varianten über denen des Semikat-110 (Abb. 2–15).

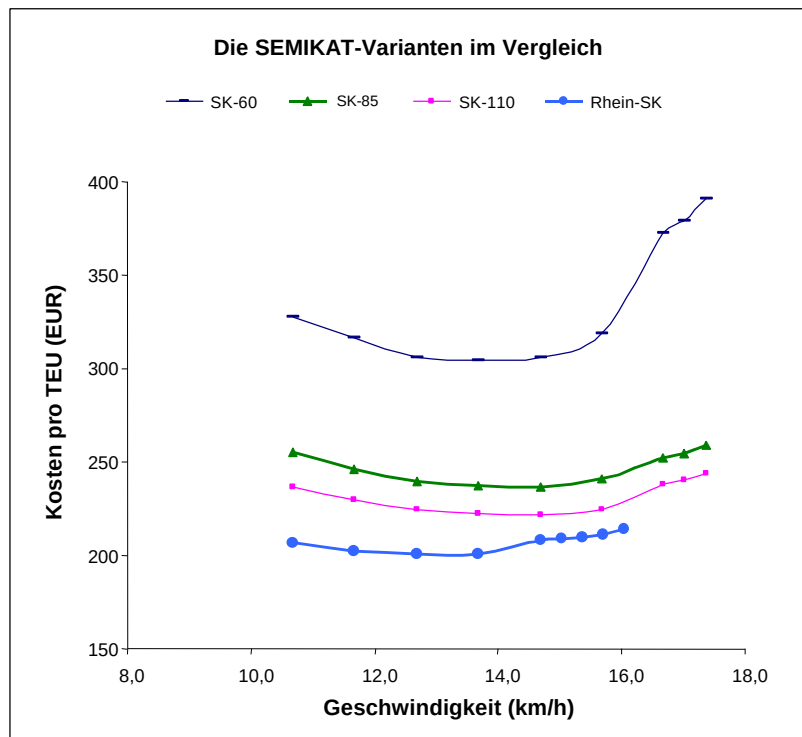


Abb. 2-15: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Basisrechnung)

Die Kostenkurve des Semikat-85 verläuft recht parallel zu der des Semikat-110 und endet bei einem Wert von 259 EUR pro TEU bei einer Höchstgeschwindigkeit von 17,4 km/h. Auffällig ist der Kostenverlauf des Semikat-60 im oberen Geschwindigkeitsbereich: Hier erfolgt im Bereich zwischen etwa 15 und 16 km/h ein großer Kostensprung von 319 auf 379 EUR pro TEU.

Letztendlich beruht dieser im Vergleich zu den vorherigen Steigerungen überdimensionale Anstieg auf folgendem technischen Effekt, der im übrigen auch für die anderen (auch konventionellen) Schiffe gilt, dort jedoch nicht derart stark ausgeprägt ist: Der starke Anstieg erfolgt zwischen der sechsten und der siebten Geschwindigkeitsstufe. Bis zur siebten Geschwindigkeitsstufe konnte die Geschwindigkeit je Teilstrecke jeweils immer um einen km/h angehoben werden. In der achten und neunten Geschwindigkeitsstufe war dies nicht mehr möglich bzw. sinnvoll, da mit den jetzt erreichten 16 km/h auf dem Mittelrheinabschnitt bereits ein überproportionaler Leistungsbedarfszuwachs auf sehr hohem Niveau einherging, so daß eine weitere Geschwindigkeitssteigerung nicht möglich war oder aber nur unter wirtschaftlich nicht mehr darstellbaren Bedingungen (z.B. Anhebung der Geschwindigkeit um weitere 0,5 km/h bei einem gleichzeitigen Leistungsbedarfszuwachs von 70%) zu erzielen gewesen wäre. Aus diesem Grund wurden die 16 km/h auf den Teilstrecken zwei und drei (Mittelrhein-auf und -ab) in den letzten beiden Geschwindigkeitsstufen beibehalten und die Geschwindigkeit nur noch auf den Teilstrecken eins und vier (Niederrhein-auf und Niederrhein-ab) weiter angehoben.

Aufgrund der Tatsache, daß der große Rhein-Semikat im flachen Wasser des Mittelrheins maximal etwa 14 km/h erreichen kann, endet die Kurve dieses Schiffs

bereits bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit (aus Nieder- und Mittelrhein-Geschwindigkeiten) von etwa 16 km/h und einem Kostensatz von 214 EUR pro TEU, was zugleich der niedrigste Kostensatz aller Semikat-Schiffe ist.

Im Gegensatz zu dem mit dem GMS verglichenen Semikat-110 liegen die kleineren Kanalschiffe Semikat-60 und Semikat-85 in jeder Geschwindigkeitsstufe deutlich unter den Kosten pro TEU ihrer jeweiligen konventionellen Vergleichsschiffe Gustav Königs und Johann Welker (Abb. 2–16).

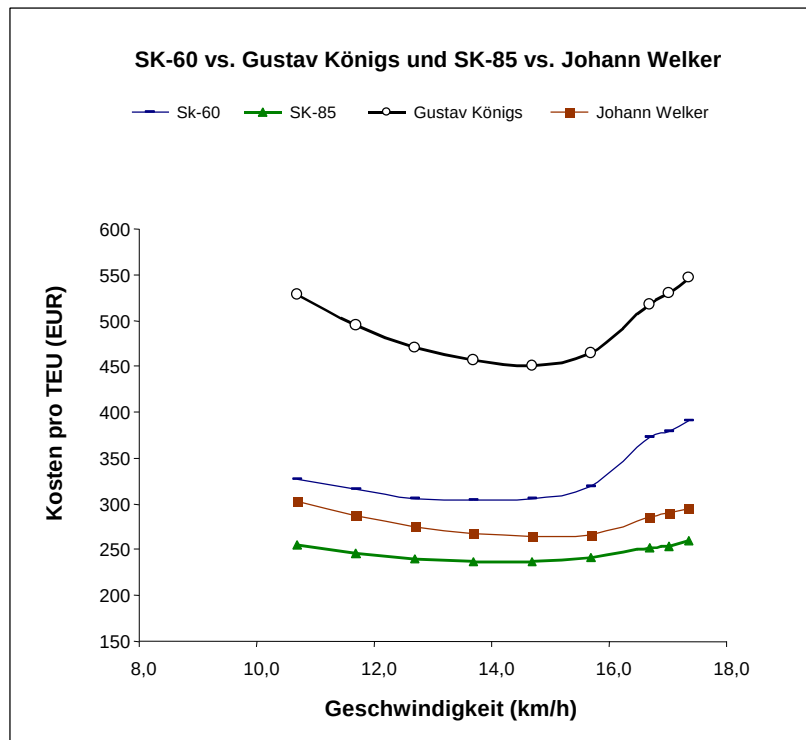


Abb. 2–16: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Basisrechnung)

In der höchsten Geschwindigkeitsstufe verzeichnet der Semikat-60 391 EUR pro TEU gegenüber 547 EUR beim Gustav Königs, der Semikat-85 erreicht einen Kostensatz von 259 EUR, während Johann Welker auf 296 EUR pro TEU kommt. Aufgrund der o.a. Ausführungen zum Einfluß der Kapazität auf die Kosten pro TEU und der doch recht unterschiedlichen Kapazitäten der hier gegenüber gestellten Schiffe sollen die Ergebnisse der kleineren Semikat-Schiffe (Semikat-60 und Semikat-85) – wie bereits erwähnt – nicht näher ausgewertet und kommentiert werden.

Wird anstelle der Geschwindigkeit die Umlaufzeit betrachtet, so ergibt sich dieses Bild (Abb. 2–17):

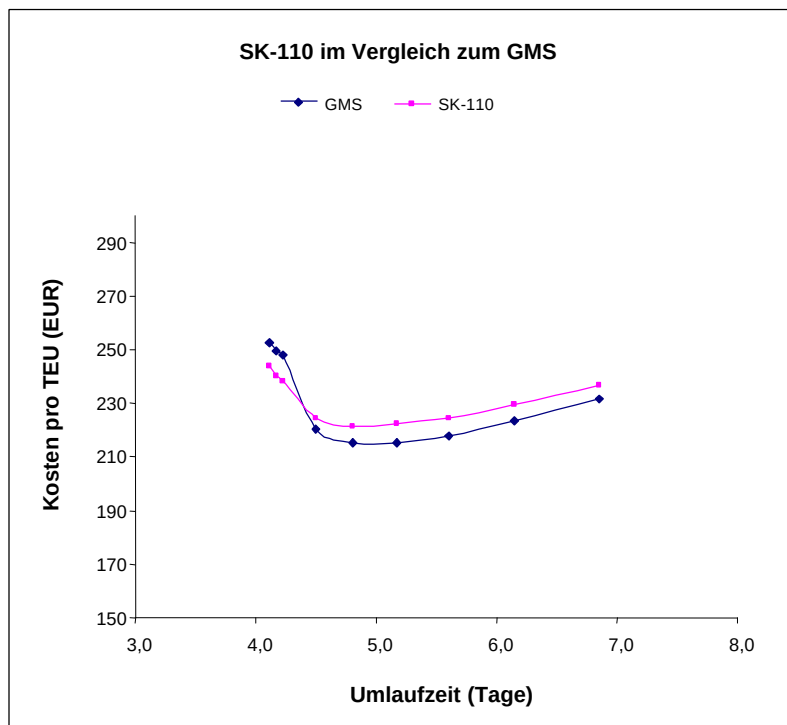


Abb. 2–17: Kosten pro TEU / Umlaufzeit (Basisrechnung)

In der höchsten Geschwindigkeitsstufe benötigen beide Schiffe – GMS und Semikat-110 – eine Umlaufzeit von 4,1 Tagen.

Demgegenüber benötigt der Semikat-60 eine Umlaufzeit von 3,7, der Semikat-85 eine von 3,9 und der Rhein-Semikat eine von 5,3 Tagen (Abb. 2–18), was primär auf die unterschiedlichen Ladezeiten zurückzuführen ist⁵.

⁵ Entgegen der unseren Berechnungen zugrunde liegenden Grundannahme, daß Be- und Entladung generell nur über eine Containerbrücke erfolgen, wäre insbesondere bei Schiffen von der Größe des Rhein-Semikat die simultane Nutzung mehrerer Brücken sinnvoll, um den sehr hohen Anteil der Ladezeiten an der Gesamtumlaufzeit zu reduzieren

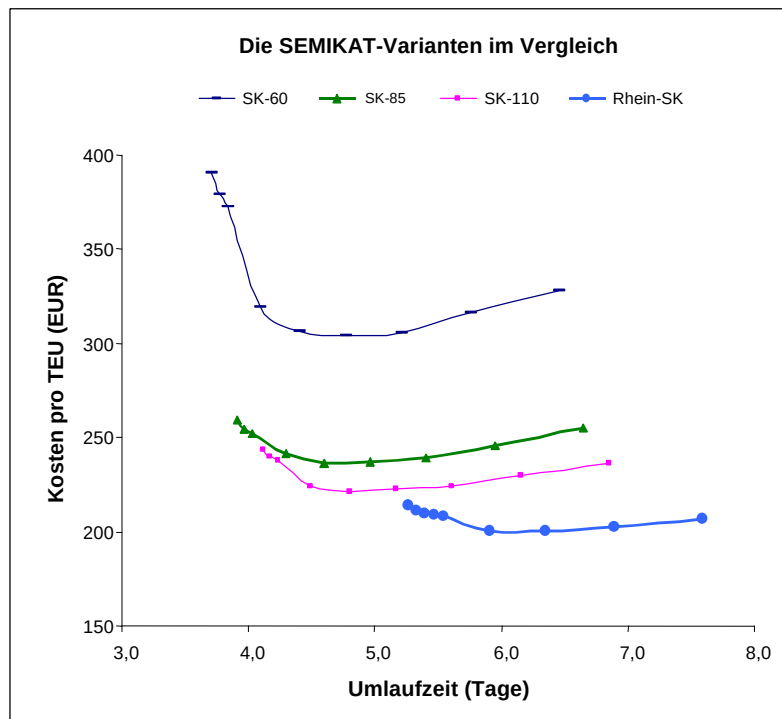


Abb. 2–18: Kosten pro TEU / Umlaufzeit (Basisrechnung)

Wenn die Prämissen der Basisrechnung in o.a. Weise geändert werden, ergeben sich folgende Resultate:

Die Kosten pro TEU stellen sich unter den Prämissen der Variante A (70% Auslastung, 8 to/TEU) folgendermaßen dar:

- In den Geschwindigkeitsstufen bis etwa 16 km/h liegen die Kosten des Semikat nach wie vor über denen des GMS, jedoch mit einem engeren Abstand als in der Basisrechnung. Ab etwa 16 km/h steigen die Kosten beim GMS über die des Semikat und im weiteren Kostenkurvenverlauf gehen die Kurven deutlich auseinander. In der höchsten Geschwindigkeitsstufe von 17,4 km/h liegen die Kosten des GMS – fast unverändert gegenüber der Basisrechnung – bei 253 EUR, die des Semikat-110 sind hingegen auf 236 EUR gesunken (s. Abb. 2–19).
- In der höchsten Geschwindigkeitsstufe sinken die Kosten pro TEU beim Semikat-60 von 391 auf 365 EUR, beim Semikat-85 von 259 auf 251 EUR und beim Rhein-Semikat von 214 auf 204 EUR pro TEU.

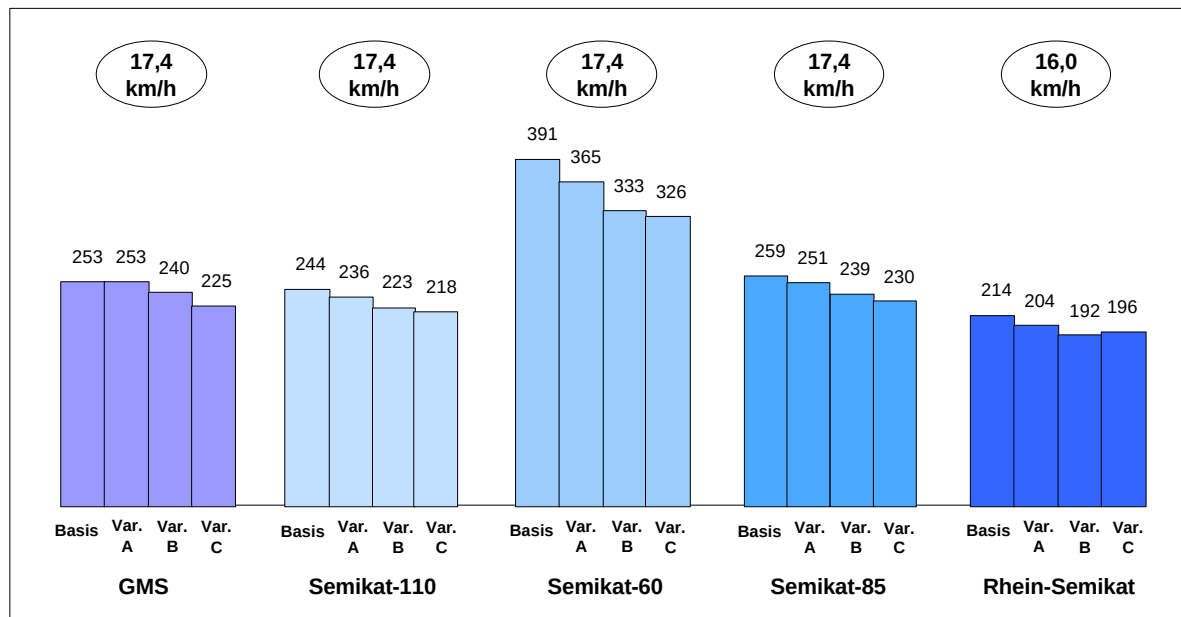


Abb. 2-19: Kosten pro TEU (EUR) und Fahrtgeschwindigkeit für Basisrechnung und Varianten im Vergleich (Basis: Höchste Geschwindigkeitsstufe; Relation Rotterdam – Duisburg, H=7,5)

Wird das durchschnittliche Container-Ladungsgewicht weiter von 8 auf 5 Tonnen pro TEU gesenkt, gehen in der höchsten Geschwindigkeitsstufe die Kosten pro TEU wie folgt zurück (Variante B):

- GMS: -13 EUR auf 240 EUR
- Semikat-110 -21 EUR auf 223 EUR
- Semikat-60 -58 EUR auf 333 EUR
- Semikat-85 -20 EUR auf 239 EUR
- Rhein-Semikat -22 EUR auf 192 EUR

In dieser Variante ist der Kostenrückgang beim Semikat-110 deutlich stärker als beim GMS. Im Endergebnis hat der Semikat-110 rund 7% niedrigere Kosten als das GMS und sogar der kleinere Semikat-85 erreicht mit derart leichten Containern das gleiche Kostenniveau wie das GMS.

Die letzte untersuchte Rechenvariante (C) legt eine Auslastung von 90% bei einem Container-Ladungsgewicht von 8 Tonnen pro TEU zugrunde. In der höchsten Geschwindigkeitsstufe verzeichnen die einzelnen Schiffe folgende Kosten pro TEU:

- GMS 225 EUR
- Semikat-110 218 EUR
- Semikat-60 326 EUR
- Semikat-85 230 EUR
- Rhein-Semikat 196 EUR

Auch hier unterbietet der Semikat-110 das GMS bei den Kosten pro TEU um ca. 3%, während er aber – wie bei den anderen Rechenvarianten zuvor auch – im niedrigen bis mittleren Geschwindigkeitsbereich noch um einige EUR über den Kosten des GMS liegt.

Die folgende Abb. 2–20 zeigt die Kostenstruktur der verglichenen Schiffe, die sich auf der Relation Rotterdam – Karlsruhe bei einer mittleren Fahrtgeschwindigkeit ergibt.

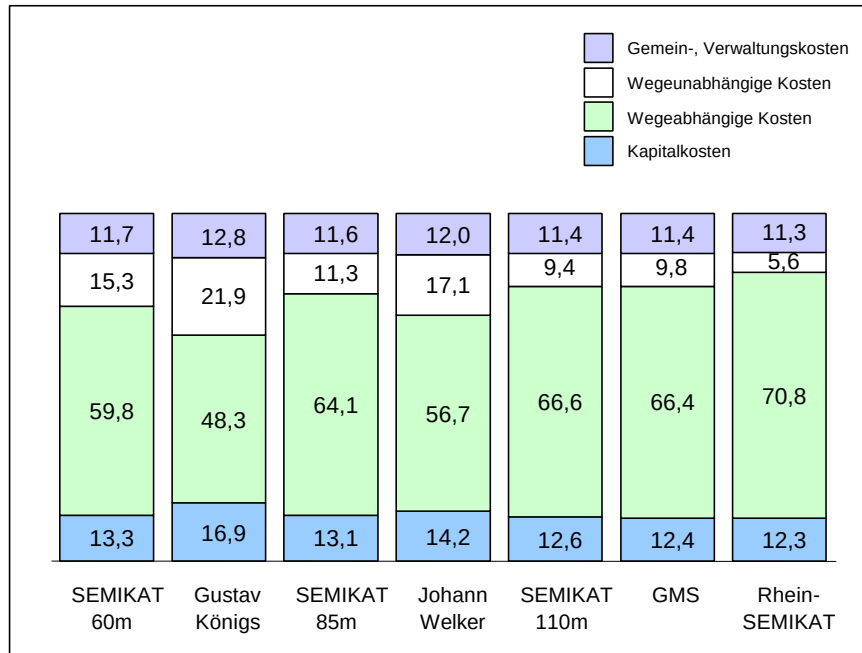


Abb. 2–20: Kostenstruktur (Anteil an Gesamtkosten in %; Basisrechnung)

Deutlich ist zu erkennen, daß bei den kleineren konventionellen Schiffen (Gustav Königs, Johann Welker) der Anteil der wegeunabhängigen Kosten höher als bei den mit diesen verglichenen Semikat-Schiffen ist, was primär wohl auch auf den o.g. Kapazitätseffekt zurückzuführen ist; denn bei GMS und Semikat-110 stellen sich die Kostenanteile dahingegen fast identisch dar. Festzuhalten bleibt jedoch, daß der Anteil der wegeunabhängigen Kosten (Personalkosten) mit zunehmender Schiffsgröße deutlich abnimmt, während der Anteil der wegeabhängigen Kosten (primär: Kraftstoffkosten) entsprechend zunimmt.

Im Hinblick auf die Anzahl benötigter Schiffe für einen Liniendienst stellen sich die Ergebnisse wie folgt dar (Tab. 2–3):

RD – Karlsruhe Basisrechnung – hohe Geschwindigkeit	SK-60	G.K.	SK-85	J.W.	SK-110	GMS	Rhein- Semikat
Regelmäßige wöchentliche Abfahrten: Benötigte Anzahl Schiffe bei:							
1 Abfahrt pro Woche	0,53	0,51	0,56	0,53	0,59	0,59	0,75
2 Abfahrten pro Woche	1,06	1,02	1,12	1,06	1,17	1,17	1,51
3 Abfahrten pro Woche	1,59	1,53	1,68	1,59	1,76	1,76	2,26
4 Abfahrten pro Woche	2,12	2,04	2,24	2,12	2,35	2,35	3,01
5 Abfahrten pro Woche	2,65	2,56	2,79	2,66	2,94	2,94	3,76
6 Abfahrten pro Woche	3,18	3,07	3,35	3,19	3,52	3,52	4,52
7 Abfahrten pro Woche	3,71	3,58	3,91	3,72	4,11	4,11	5,27

Tabelle 2–3: Anzahl benötigter Schiffe für einen Liniendienst auf der Relation Rotterdam – Karlsruhe (Basisrechnung)

Die Unterschiede zwischen Semikat und dem jeweiligen konventionellen Vergleichsschiff liegen bei maximal etwa 0,2 Schiffen, so daß weder Semikat noch konventionelles Schiff auf dieser Relation einen nennenswerten Vorteil im Hinblick auf Liniendienste verbuchen können. Da, mit Ausnahme des Rhein-Semikat, die Fahrtgeschwindigkeiten der Schiffe identisch sind, resultieren die ausgewiesenen Differenzen bei der Anzahl benötigter Schiffe allein aus unterschiedlichen Ladezeiten, die wiederum durch die unterschiedlichen TEU-Zahlen der Schiffe bedingt sind.

Fazit für die Relation Rotterdam – Karlsruhe

Beim Vergleich des Semikat-110 mit dem GMS zeigt sich unter allen untersuchten Prämissen ein relativ einheitliches Bild: Der Semikat kann bei höheren Geschwindigkeiten ab etwa 16 km/h Kostenvorteile gegenüber dem GMS generieren und wird damit seiner Rolle, für die er konzipiert wurde, nämlich zeitkritische Containertransporte durchzuführen, gerecht.

Abhängig von ihrer Größe und damit ihrer Kapazität gruppieren sich die anderen Semikat-Schiffe in Bezug auf ihre Kosten um den Semikat-110 herum: Der Rhein-Semikat bleibt immer einige EUR kostengünstiger als der Semikat-110, kann jedoch nicht dessen maximale Geschwindigkeit erreichen, da er auf dem Mittelrhein früher an seine hydrodynamischen Grenzen stößt.

Die Kostenkurve des Semikat-85 verläuft durchgängig einige EUR über der des Semikat-110, dies jedoch in einer überaus konstanten Parallelität, so daß der Semikat-85 als vollwertige Alternative zum Semikat-110 angesehen werden kann, wenn es um etwas geringere Transportvolumina geht.

Demgegenüber verläuft die Kostenkurve des Semikat-60 deutlich höher und mit einem zusätzlichen Kostensprung in den oberen Geschwindigkeitsbereichen, so daß diese im Vergleich zu den Kurven der anderen Semikat-Schiffe doch schon etwas „atypisch“ aus dem Rahmen fällt.

2.1.5 Relation Rotterdam – Duisburg

Von allen in diesem Bericht dargestellten Relationen ist diese Relation durch die größte Fahrwassertiefe gekennzeichnet. Unter normalen Bedingungen kann man auf dem Niederrhein i.d.R. von einer Fahrwassertiefe von sechs bis sieben Metern ausgehen.

Wie bereits oben dargelegt, ist der Semikat im Rahmen der in der VBD durchgeführten Versuchsreihen nicht auf diese, sondern auf die Wassertiefen der weitaus überwiegenden Streckenabschnitte (Kanal, Nebenflüsse, Mittelrhein) hin optimiert worden. Eine Optimierung auf die Fahrwassertiefen des Niederrheins würde v.a. ein anderes Verhältnis zwischen Tiefgang und Wassertiefe voraussetzen. Um auch einen Eindruck darüber zu vermitteln, wie sich der Kostenkurvenverlauf eines für Niederrhein-Fahrwasserbedingungen optimierten kleinen Semikat-Schiffs im Vergleich zum konventionellen Schiff voraussichtlich darstellen würde, werden die Vergleichsergebnisse in diesem Kapitel für zwei Fälle ausgewiesen:

- Wassertiefe $H=7,5$ Meter als Fall, der den normalen, realen Wasserstandsverhältnissen entspricht
- Wassertiefe $H=4,0$ Meter als Beispiel für den Verlauf und die relative Lage der Kostenkurven zueinander bei den zu vergleichenden Schiffen nach einer Optimierung des Semikat auf größere Wassertiefen. Würden die kleineren Semikat-Schiffe baulich auf das tiefere Fahrwasser des Niederrheins hin optimiert, so ist davon auszugehen, daß sich Vergleichsergebnisse einstellen, die in etwa analog zu denen der Schiffe in jetziger Bauweise auf flacherem, etwa vier Meter tiefen Wasser ausfallen dürften. Die Interpretation muß sich hier auf die Betrachtung des Kurvenverlaufs und der Lage der Kurven zueinander bei den verschiedenen Schiffen konzentrieren, da die ausgewiesenen Kosten aufgrund der nicht realen Berechnungsbasis $H=4,0$ Meter in Bezug auf ihre absolute Höhe unzutreffend sind⁶.

Für die Relation Rotterdam – Duisburg stellen sich die Ergebnisse der Basisrechnung für GMS und Semikat-110 folgendermaßen dar (Abb. 2–21):

⁶ D.h. es sind beispielsweise Aussagen möglich, ob bzw. ab welcher Geschwindigkeitsstufe ein Schiff kostengünstiger als das andere fahren würde, nicht jedoch über die hier tatsächlich entstehenden Kosten

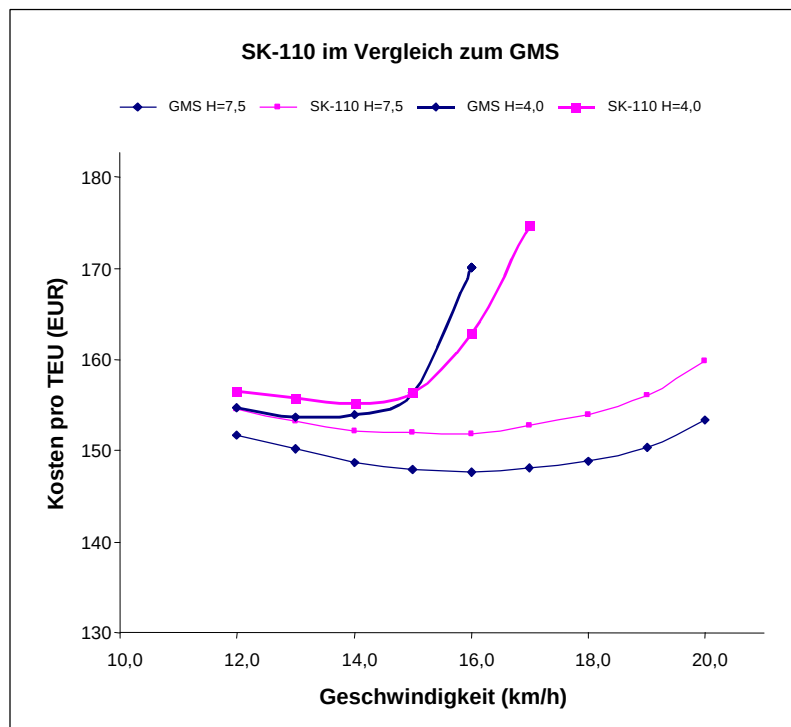


Abb. 2–21: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Basisrechnung; H=4,0 und H=7,5)

Unter der Voraussetzung einer Wassertiefe von 7,5 Metern bewegen sich die Kosten des GMS über alle Geschwindigkeitsstufen hinweg in einem sehr engen Rahmen zwischen 148 und 153 EUR. Letzterer Wert wird in der höchsten Geschwindigkeitsstufe von 20 km/h erreicht. Parallel zur GMS-Kostenkurve verläuft die des Semikat-110 im Bereich zwischen 152 und 160 EUR. In jeder Geschwindigkeitsstufe besteht ein Kostenvorteil von drei bis vier Prozent zugunsten des GMS, welches im tiefen Fahrwasser des Niederrheins zwischen Rotterdam und Duisburg offensichtlich bauartbedingt im Vorteil ist.

Denn das GMS hat hier – wie Abb. 2–22 zeigt – bei gegebener Geschwindigkeit einen etwas geringeren Leistungsbedarf als der Semikat-110, was sich in den höheren Geschwindigkeitsstufen mit etwa um vier bis fünf EUR geringeren Kraftstoffkosten pro TEU bemerkbar macht und die Differenz bei den Gesamtkosten pro TEU fast vollständig erklärt.

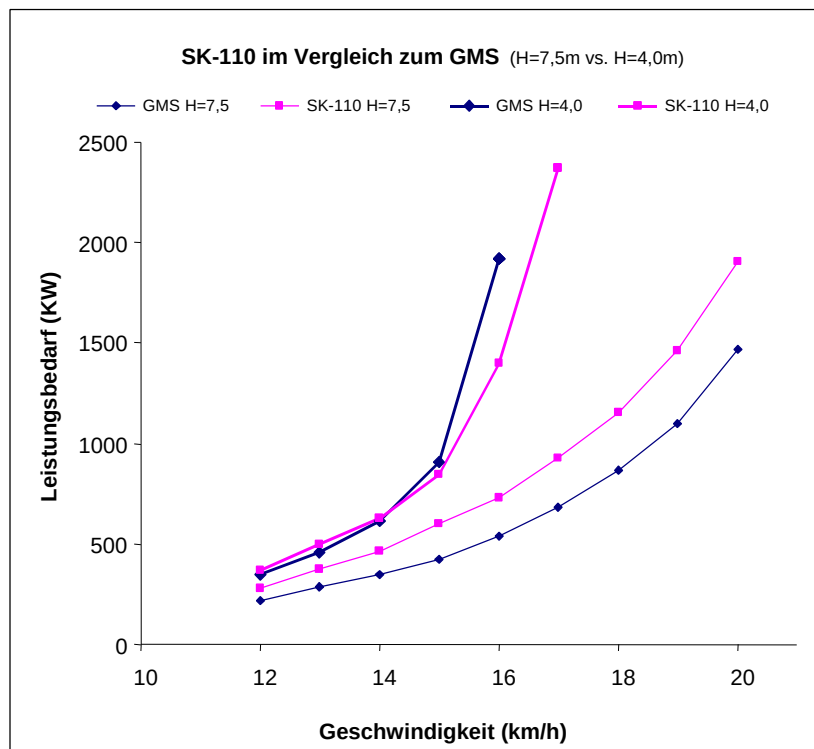


Abb. 2-22: Leistungsbedarf / Geschwindigkeit (Basisrechnung; H=7,5 und H=4,0)

Ein anderes Bild ergibt sich hingegen, wenn als Basis eine Fahrwassertiefe von 4,0 Metern gewählt wird. Hier liegen die Kosten grundsätzlich auf einem höheren Niveau (s. o.a. Abb. 2-21) als bei einer Wassertiefe von 7,5 Metern. Bei niedriger Geschwindigkeit hat das GMS noch einen Kostenvorteil gegenüber dem Semikat-110. Ab einer Geschwindigkeit von mehr als 15 km/h übernimmt jedoch der Semikat die Kostenführerschaft; bei 16 km/h erreicht der Semikat-110 einen Kostensatz von 163 EUR pro TEU, während für das GMS 170 EUR zu verzeichnen sind. Während die Geschwindigkeit des GMS nicht weiter gesteigert werden kann, ist der Semikat in der Lage, noch etwas schneller zu fahren: Bei 17 km/h kommt der Semikat-110 dann auf einen Kostensatz von 175 EUR pro TEU.

Die Unterschiede in den Kostenverläufen zwischen den Wassertiefen 7,5 Meter und 4,0 Meter sind v.a. durch den unterschiedlichen Leistungsbedarf und daraus resultierende unterschiedliche Kraftstoffverbräuche und –kosten zu erklären. Bei abnehmender Wassertiefe steigt der Leistungsbedarf des GMS mit zunehmender Geschwindigkeit weitaus stärker an als der des Semikat-110 (s. Abb. 2-22). Aus diesem Grund liegen bei H = 4,0 Meter und 16 km/h die Kosten pro TEU des GMS um 22 EUR bzw. 15% über dem Kostensatz für H = 7,5 Meter. Beim Semikat-110 liegen die Kosten bei H = 4,0 Meter hingegen nur um 11 EUR höher, was einem Anstieg von 7% gegenüber dem Kostensatz bei einer Wassertiefe von 7,5 Metern entspricht.

Wie o.a. Abb. 2-22 sowie Tabelle 2-4 verdeutlichen, erklären sich diese Differenzen bei den Gesamtkosten pro TEU fast vollständig durch entsprechende Differenzen beim Leistungsbedarf und den hieraus resultierenden Unterschieden bei den Kraftstoffkosten pro TEU.

	Kosten pro TEU bei 16 km/h (EUR)			
	Gesamtkosten		Kraftstoffkosten	
	H=7,5	H=4,0	H=7,5	H=4,0
GMS	148	170	8	29
Semikat-110	152	163	11	21

Tabelle 2–4: Gesamt- und Kraftstoffkosten pro TEU bei H=7,5 und H=4,0 Meter (Basisrechnung)

Abb. 2–23 zeigt für eine Wassertiefe von 7,5 Metern eine Gegenüberstellung des Kostenkurvenverlaufs aller Semikat-Schiffe. Mit Ausnahme des kleinen Semikat-60, der im oberen Geschwindigkeitsbereich wieder einen nahezu exponentiellen Kostenanstieg zeigt, verlaufen die Kostenkurven des Semikat-85 und des Rhein-Semikat deutlich gemäßiger und in hohem Maße parallel zur Kostenkurve des Semikat-110. Die Kosten pro TEU liegen beim Semikat-85 zwischen 156 und 166 EUR und beim Rhein-Semikat zwischen 147 und 153 EUR. Der Semikat-60 hingegen hat im Minimum einen Kostensatz von 176 EUR und erreicht in der Spitze bei 20 km/h Kosten in Höhe von 199 EUR pro TEU.

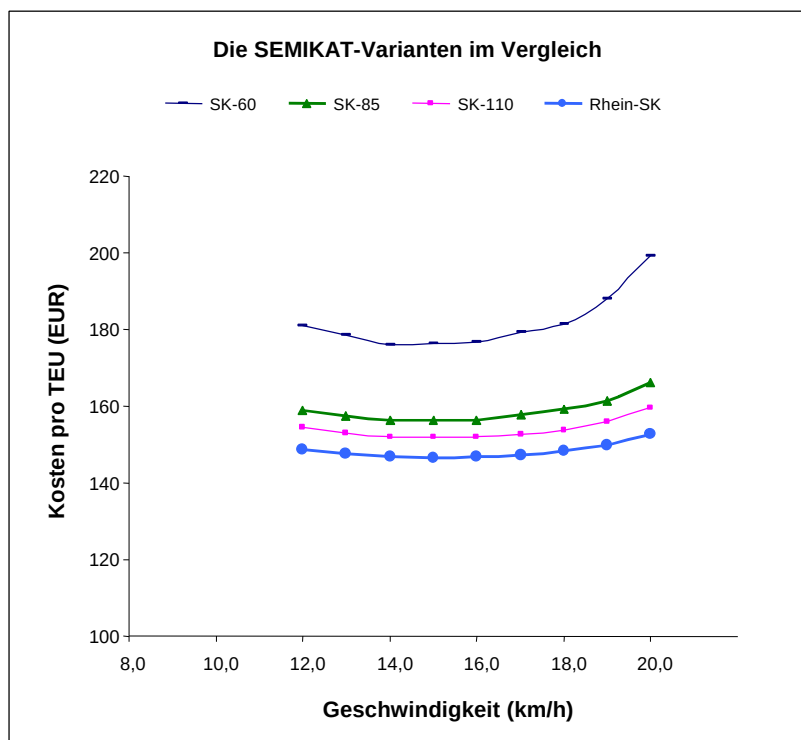


Abb. 2–23: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Basisrechnung; H=7,5)

Wird eine Wassertiefe von 4,0 Metern angenommen, so ergeben sich die folgenden Kurvenverläufe (Abb. 2–24):

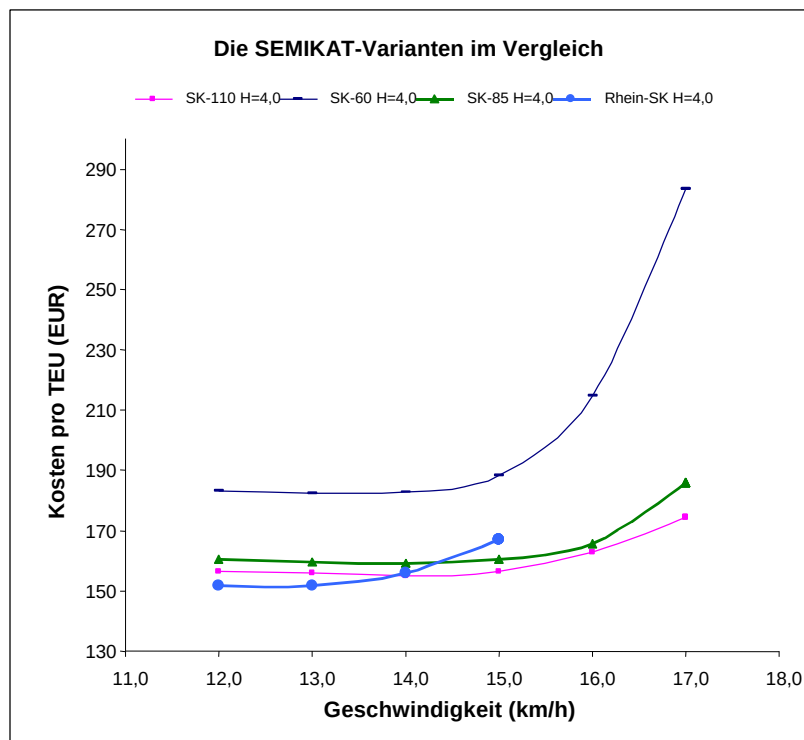


Abb. 2–24: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Basisrechnung; H=4,0)

Auffällig sind der bei höheren Geschwindigkeiten im Vergleich zu den anderen Schiffen quasi exponentielle Kostenanstieg beim Semikat-60 sowie das ab 14 bzw. 15 km/h über dem Niveau von Semikat-85 und Semikat-110 liegende Kostenniveau des Rhein-Semikat. Letzteres dürfte darauf zurückzuführen sein, daß das Semikat-Rheinschiff sich – anders als die kleineren Schiffe – bereits ab ca. 14 km/h auf einem sehr hohen Leistungsbedarfsniveau befindet, auf dem die Kraftstoffkosten ungleich stärker ins Gewicht fallen als bei den anderen Schiffen, die hier noch Geschwindigkeitsreserven bis 17 km/h haben.

Folgende Ergebnisse stellen sich ein, wenn die Prämissen der Basisrechnung – für eine Fahrwassertiefe von H=7,5 Meter – variiert werden (Abb. 2–25):

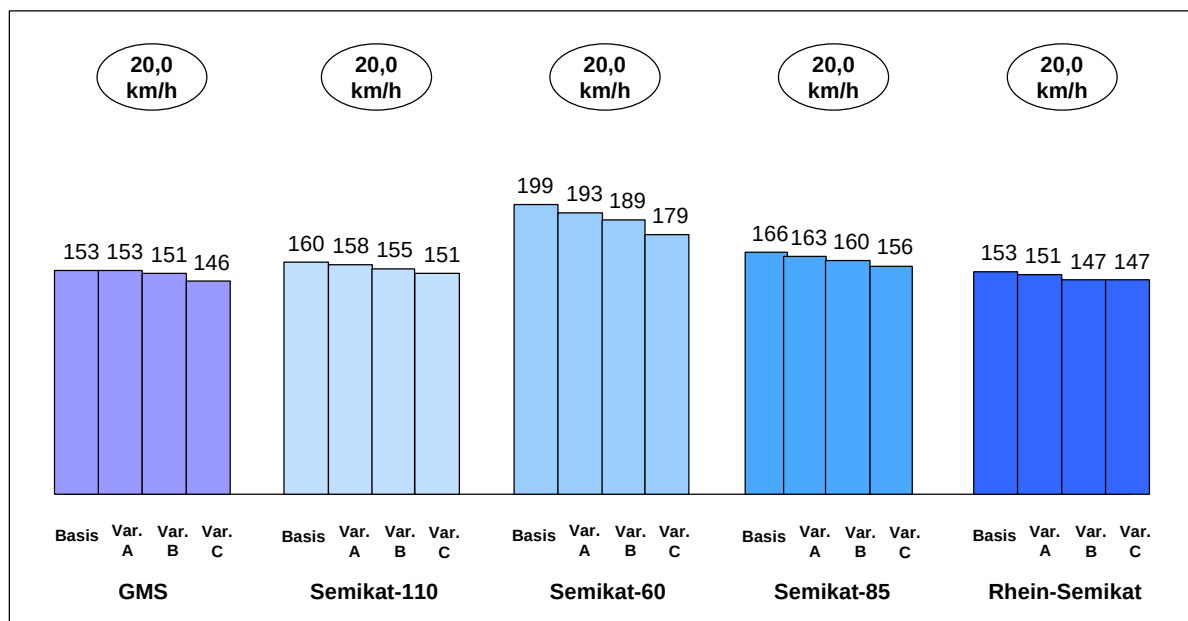


Abb. 2–25: Kosten pro TEU (EUR) und Fahrtgeschwindigkeit für Basisrechnung und Varianten im Vergleich (Basis: Höchste Geschwindigkeitsstufe; Relation Rotterdam – Duisburg, H=7,5)

Variante A (Verringerung des durchschnittlichen Container-Ladungsgewichts von 10 auf 8 Tonnen pro TEU):

- Für das GMS ist diese Änderung unerheblich, da sich hier die Kosten pro TEU – je nach Geschwindigkeitsstufe – nur um 0 bis 2 EUR verringern
- Auch beim Semikat-110 sinken die Kosten in etwa der gleichen Größenordnung, so daß es im Vergleich zum GMS demnach dabei bleibt, daß die Kostenkurve des Semikat-110 in allen Geschwindigkeitsstufen oberhalb der des GMS verläuft – mit einem relativ konstanten Abstand von 3 bis 4%.

Variante B (Weitere Verringerung des durchschnittlichen Container-Ladungsgewichts von 8 auf 5 Tonnen pro TEU):

- Hier bewegen sich die Kosten des Semikat-110 in der engen Spanne zwischen 150 und 155 EUR pro TEU, die des GMS zwischen 147 und 151 EUR.
- Nach wie vor liegt die Kostenkurve des GMS in allen Geschwindigkeitsstufen um einige EUR unter der des Semikat-110

In beiden Varianten (A und B) bleiben auch bei den anderen SemikatSchiffen Lage und Verlauf der Kostenkurven ähnlich wie in der Basisrechnung, wobei das Kostenniveau um einige wenige EUR abgesenkt wurde.

Variante C

Auch in dieser Rechenvariante mit einem Auslastungsgrad von 90% und 8 Tonnen pro TEU Container-Ladungsgewicht ändert sich nichts am grundsätzlichen Verlauf der Kostenkurven sowie deren Lage zueinander. Nach wie vor bleibt hier das GMS dem Semikat-110 in allen Geschwindigkeitsstufen kostenmäßig überlegen.

Wenn eine Fahrwassertiefe von $H=4,0$ Meter zugrunde gelegt wird, führen die Prämissen-Variationen zu folgenden Ergebnissen:

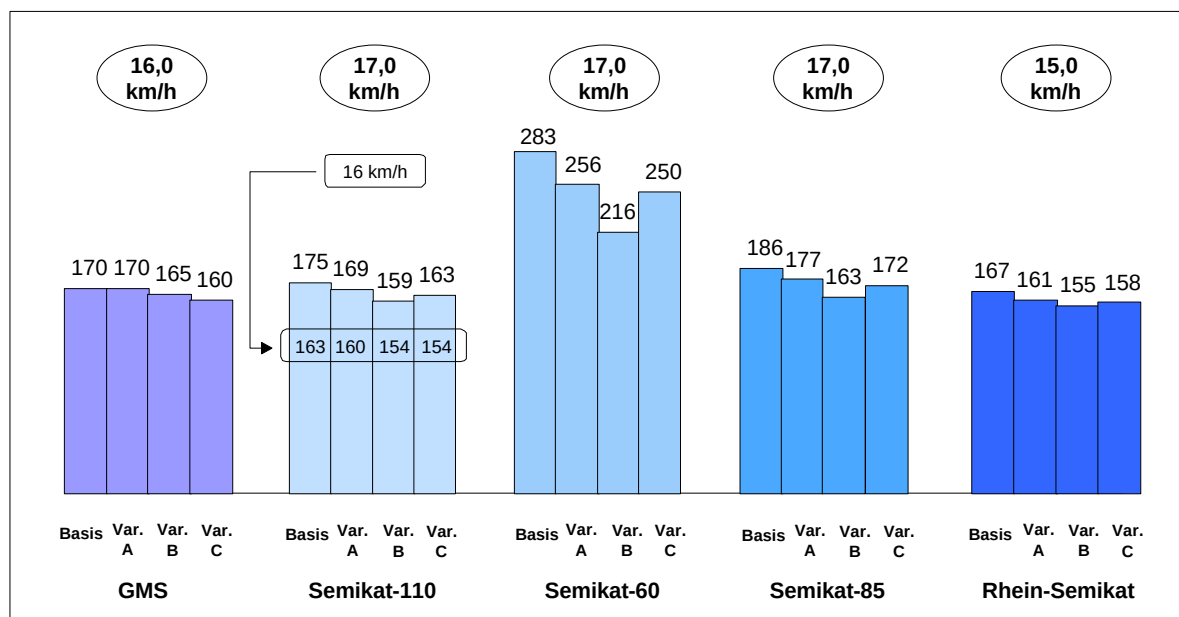


Abb. 2-26: Kosten pro TEU (EUR) und Fahrtgeschwindigkeit für Basisrechnung und Varianten im Vergleich (Basis: Höchste Geschwindigkeitsstufe; Relation Rotterdam – Duisburg, $H=4,0$)

Unter den Prämissen der Varianten A und B nehmen die Kosten beim GMS nur geringfügig von 170 auf 165 EUR ab, während sie beim Semikat-110 deutlich stärker, von 175 auf 159 EUR, sinken. Zudem ist die diesen Kostensätzen zugrundeliegende Geschwindigkeit beim Semikat-110 um einen km/h höher. Ginge man für den Semikat-110 von der gleichen Geschwindigkeit wie beim GMS aus (16 km/h), so würde der Semikat-110 in allen Rechenvarianten Kostenvorteile verzeichnen, die sich dann auf 6 bis 11 EUR pro TEU bzw. 4 bis 7% belaufen.

Das folgende Schaubild (Abb. 2-27) zur Kostenstruktur zeigt, daß GMS und Semikat-110 praktisch identische Kostenstrukturen haben. Wie bereits im Falle der Relation Rotterdam – Karlsruhe erläutert, tendiert auch hier die Kostenstruktur bei dem größeren Schiff (Rhein-Semikat) stärker hin zu den wegeabhängigen Kosten, während die Struktur bei den kleineren Schiffen (Semikat-60, Semikat-85) durch etwas höhere wegeabhängige Kosten gekennzeichnet ist.

Dies ist primär ein Effekt der Besatzungsstärke, denn gemessen an den transportierten TEU ist die Besatzungsstärke bei den kleineren Schiffen höher als bei den großen Schiffen, was sich dann über die Personalkosten in den wegeunabhängigen Kosten niederschlägt.

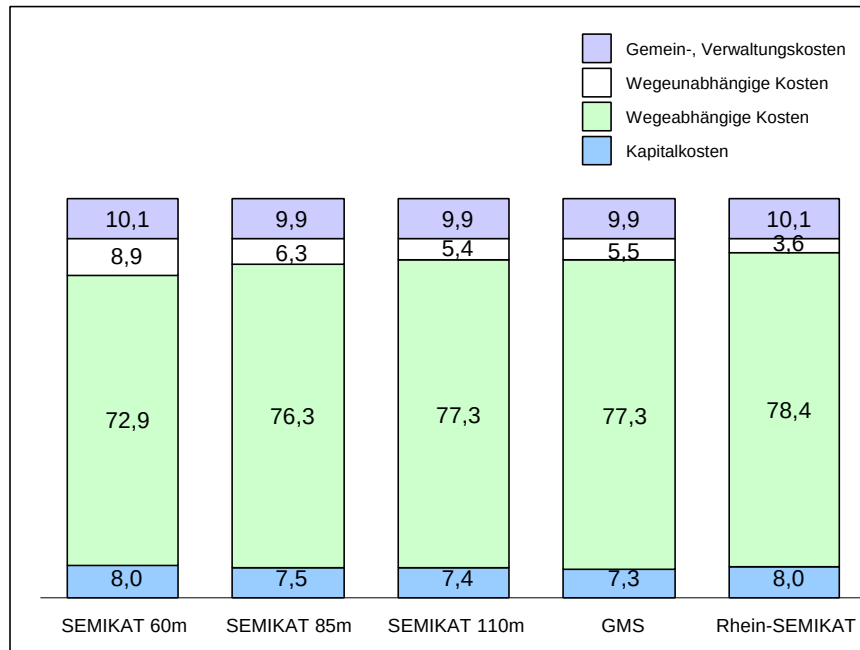


Abb. 2-27: Kostenstruktur (Anteil an Gesamtkosten in %; Basisrechnung; H=7,5)

Im Hinblick auf die Anzahl benötigter Schiffe für die Aufrechterhaltung eines Liniendienstes zwischen Rotterdam und Duisburg zeigen sich zwischen GMS und Semikat-110 aufgrund identischer Geschwindigkeiten und Ladezeiten bei einer Fahrwassertiefe von 7,5 Metern keine wesentlichen Unterschiede. Von allen Schiffen – mit Ausnahme des Rhein-Semikat – würden zwei Einheiten ausreichen, um eine Abfahrt pro Tag anbieten zu können.

RD – Duisburg Basisrechnung – hohe Geschwindigkeit	SK-60 H=7,5	SK-85 H=7,5	SK-110 H=7,5	SK-110 H=4,0	GMS H=7,5	GMS H=4,0	Rhein- Semikat H=7,5
Regelmäßige wöchentliche Abfahrten: Benötigte Anzahl Schiffe bei:							
1 Abfahrt pro Woche	0,18	0,21	0,23	0,26	0,23	0,27	0,34
2 Abfahrten pro Woche	0,35	0,41	0,47	0,52	0,47	0,55	0,68
3 Abfahrten pro Woche	0,53	0,62	0,70	0,79	0,70	0,82	1,02
4 Abfahrten pro Woche	0,71	0,82	0,94	1,05	0,94	1,10	1,36
5 Abfahrten pro Woche	0,88	1,03	1,17	1,31	1,17	1,37	1,70
6 Abfahrten pro Woche	1,06	1,23	1,40	1,57	1,40	1,64	2,04
7 Abfahrten pro Woche	1,24	1,44	1,64	1,83	1,64	1,92	2,38

Tabelle 2-5: Anzahl benötigter Schiffe für einen Liniendienst auf der Relation Rotterdam – Duisburg (Basisrechnung: Alle Schiffe: H=7,5; Semikat-110 und GMS: zusätzlich H=4,0)

Auch wenn eine Wassertiefe von 4,0 Metern unterstellt wird, ergeben sich zwischen Semikat-110 und GMS trotz der Möglichkeit, daß der Semikat jetzt ca. einen km/h schneller fahren kann, aufgrund der Kürze der Strecke dieser Relation keine bedeutenden Unterschiede im Hinblick auf die für einen Liniendienst benötigte Anzahl von Schiffen.

Fazit für die Relation Rotterdam - Duisburg

Auf der Relation Rotterdam – Duisburg ist der Semikat-110 seinem konventionellen Vergleichsschiff GMS in allen Geschwindigkeitsstufen kostenmäßig unterlegen, wenn man von einer Fahrwassertiefe von 7,5 Metern ausgeht. Dieses Bild bleibt auch unter veränderten Rahmenbedingungen – andere Auslastungsgrade, Senkung des durchschnittlichen Container-Ladungsgewichts – erhalten. Der Grund hierfür liegt darin, daß die Stärken des für die Kanalfahrt konzipierten Semikat-110 gegenüber dem konventionellen Schiff primär unter Bedingungen mit einem niedrigen Verhältnis zwischen Wassertiefe und Tiefgang zum Tragen kommen. Diese Bedingungen sind aufgrund vergleichsweise großer Wassertiefen auf dem Niederrhein sowie aufgrund der nicht auf derartige Wassertiefen optimierten Bauform des Kanal-Semikat hier nicht gegeben.

Dementsprechend verbessert sich das Bild, wenn aus o.g. Gründen für diese Relation ein geändertes (reduziertes) Verhältnis zwischen Fahrwassertiefe und Tiefgang angenommen wird, was hier durch eine verringerte Fahrwassertiefe dargestellt wird. Wie bereits dargelegt, können die dann gewonnenen Ergebnisse einen Eindruck dafür vermitteln, wie sich die Wettbewerbsposition des Semikat-110 gegenüber dem GMS in etwa darstellen würde, wenn der Semikat auf die Bedingungen des Niederrheins optimiert wäre.

Dann übernimmt der Semikat-110 bei höheren Geschwindigkeiten die Kostenführerschaft; auch kann er seine Kostenposition gegenüber dem konventionellen Schiff weiter verbessern, wenn abnehmende Container-Ladungsgewichte unterstellt werden (Varianten A und B). Ebenso ist der Semikat 110 dem GMS unter den Prämissen der Variante C (Auslastung 90% bei 8 to/TEU) überlegen, wenn für beide Schiffe dort identische Geschwindigkeiten angesetzt werden. Damit kann angenommen werden, daß ein auf die Fahrwasserverhältnisse am Niederrhein hin optimierter Semikat-110 dem GMS bei Geschwindigkeiten von mehr als 15 km/h überlegen ist.

2.1.6 Fazit Schiffsvergleichsrechnungen

Wird der Semikat seiner Konzeption entsprechend für zeitkritische Transporte eingesetzt, kann er i.d.R. Kostenvorteile gegenüber dem konventionellen Binnenschiff erzielen, da er unter den meisten der hier untersuchten Konstellationen zumindest bei höheren Geschwindigkeiten geringere Kostensätze erreicht.

Darüber hinaus kann angenommen werden, daß der Semikat im engen Fahrwasser wie Kanälen in der Lage ist, ein bis zwei km/h schneller als konventionelle Binnenschiffe zu fahren, ohne daß er hierdurch stärkere Auswirkungen auf Ufer und Sohle als ein konventionelles Schiff erzeugt. Diese Annahme kann aus den bisherigen hydrodynamischen Versuchen abgeleitet werden, müßte jedoch durch weitere Versuche, die nicht zum Projektumfang gehörten, verifiziert werden.

Aus der höheren Geschwindigkeit resultiert einerseits ein Zeitgewinn, der der Entscheidung für den Einsatz eines Semikat-Schiffs förderlich sein kann. Andererseits schlagen sich die höheren Geschwindigkeiten nicht zwangsläufig in wesentlich höheren Gesamtkosten nieder, weil zumindest ein Teil des geschwindigkeitsbedingten Kostenanstiegs (Kraftstoffkosten) durch entsprechende Vorteile bei den wegeunabhängigen (insbesondere personalbezogenen) Kosten kompensiert wird. Aus diesem Grund erzielt der Semikat trotz (und wegen) etwas höherer Geschwindigkeiten als beim konventionellen Schiff im Regelfall konkurrenzfähige, d.h. ähnlich hohe bis niedrigere Kostensätze. Dies gilt verstärkt unter den Bedingungen der zusätzlich zum „Basisfall“ untersuchten Rechenvarianten, die für Zukunftstendenzen wie abnehmende Container-Ladungsgewichte bzw. zunehmende Auslastungsgrade stehen.

Das konventionelle Binnenschiff ist gegenüber dem Semikat tendenziell (in Form niedrigerer Transportkosten) im Vorteil, wenn die Fahrtgeschwindigkeiten eher niedrig und die Fahrwasser-Bedingungen durch ein hohes Verhältnis zwischen Wassertiefe und Tiefgang gekennzeichnet sind. Von allen untersuchten Fällen trifft dies lediglich auf den Niederrhein zu. Für die dortigen Fahrwasserbedingungen ist der bislang untersuchte Semikat nicht optimiert. Näherungsrechnungen in Richtung auf einen entsprechend optimierten Semikat zeigen jedoch, daß ein solches Schiff jedenfalls bei höheren Geschwindigkeiten unter den Prämissen der Basisrechnung wie auch der verschiedenen Varianten eine günstigere Kostenposition als das konventionelle Vergleichsschiff erreichen dürfte.

Auf allen anderen Relationen hat der Semikat, zumindest unter den geprüften Prämissen, Vorteile gegenüber dem konventionellen Binnenschiff – also auf Mittel- und Oberrhein sowie im übrigen Fluß- und Kanalsystem. Teilweise trifft dies nur zu, wenn höhere Geschwindigkeiten gefahren werden, was jedoch unproblematisch ist, da der Semikat speziell für zeitkritische Transporte konzipiert worden ist und langsame Transporte demzufolge eher irrelevant sind. Hier hat der Semikat einen geringeren Leistungsbedarf als vergleichbare konventionelle Schiffe, was sich teilweise deutlich in einem geringeren Kraftstoffverbrauch niederschlägt und die etwas höheren Herstellungskosten des Semikat im Vergleich zum konventionellen Schiff überkompensiert.

3 Transportkettenvergleich

3.1 Prämissen, Vergleichsbasis und -möglichkeiten

An dieser Stelle können sinnvollerweise von den bei den Schiffsvergleichsrechnungen benutzten Vergleichskriterien nur die Kosten pro TEU für Umläufe auf einer Relation sowie die hierfür benötigten Umlaufzeiten herangezogen werden.

Das Merkmal „Notwendige Anzahl Schiffe für Fahrplanbetrieb auf einer Relation“ eignet sich hingegen nur für rein schiffsbezogene Vergleiche. Dementsprechend kann die Verkehrsträger-Vergleichsrechnung wie folgt skizziert werden:

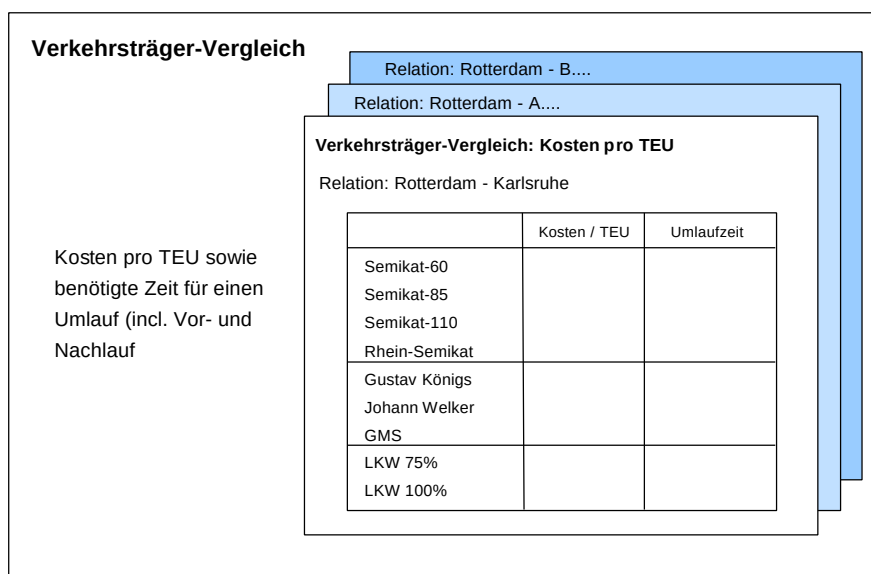


Abb. 3–1: Aufbau und Kriterien des Verkehrsträger-Vergleichs

Im Gegensatz zu den vorangehend dargestellten Ergebnissen, beinhalten die im Folgenden wiedergegebenen Ergebnisse zu den Kosten pro TEU auch die Kosten von Vor- und Nachlauf sowie der zusätzlich erforderlichen Umschlagsvorgänge, um eine vollständige Vergleichbarkeit zwischen dem Transport per Binnenschiff einerseits und dem per LKW andererseits zu gewährleisten.

Analog zu den Binnenschiffahrts-Vergleichsrechnungen wurden auch für den Verkehrsträgervergleich die spezifischen Rahmenbedingungen für den Transport per LKW – soweit es möglich war – berücksichtigt:

**RAHMENBEDINGUNGEN
VERKEHRSTRÄGER STRASSE**

- Zulässige LKW-Lenkzeiten
- Anzahl der einzusetzenden Fahrer
- Maut
- Einsatztage p.a.
- Durchschnittliche Fahrtgeschwindigkeiten
- Durchschnittliche Wartezeiten
- ...

Abb. 3-2: Rahmenbedingungen des Verkehrsträgers Straße

Auch die aus den LKW-Modellrechnungen resultierenden Zahlen variieren je nach den in der Praxis gegebenen Randbedingungen. Es besteht nicht der Anspruch, diese Zahlen exakt der Praxis nachzubilden, sondern die ungefähren Größenverhältnisse zwischen LKW und Binnenschiff darzustellen.

Basis für die Berechnungen zum LKW ist ein Lastzug, der zwei Boxen à ein TEU transportieren kann. Eine Auslastung von 100% auf einem Umlauf bedeutet, daß auf Hin- und Rückweg jeweils zwei TEU transportiert werden. Bei einer Auslastung von 75% werden auf Hin- und Rückweg insgesamt nur drei TEU transportiert.

In den Ergebnistabellen werden für die Schiffe die Berechnungsergebnisse für zwei Geschwindigkeitsvarianten dargelegt:

- Die „mittlere Geschwindigkeit“ entspricht einer je nach Wasserstraße bzw. Wasserstraßenabschnitt gefahrenen „üblichen“ Geschwindigkeit, die eher daran orientiert ist, kostenoptimal zu fahren
- Die „hohe Geschwindigkeit“ zielt auf Zeitgewinn ab und führt wegen des teilweise deutlich höheren Kraftstoffverbrauchs zu höheren Kosten pro TEU als die Variante mit mittlerer Geschwindigkeit.

Soweit nicht explizit Gegenteiliges erwähnt wird, werden hier, was die Ergebnisse zu den Schiffen betrifft, ausschließlich die Prämissen der „Basisrechnung“ (70% Auslastung der Containerstellplatz-Kapazität, durchschnittliches Containergewicht 10 Tonnen pro TEU – s.o.) zugrunde gelegt.

In der folgenden Betrachtung wird der Schwerpunkt auf den Vergleich Semikat – LKW gelegt. Aufgrund des umfangreichen Vergleichs von Semikat und konventionellem Schiff in den vorangegangenen Kapiteln sind die Ergebnisse zu den konventionellen Schiffen hier eher „nachrichtlich“ und der Vollständigkeit halber angegeben.

3.2 Relation Rotterdam – Berlin

Auf dieser Relation stellt sich der Vergleich zwischen Semikat und LKW wie folgt dar (Tab. 3–1):

Rotterdam – Berlin	Mittlere Geschwindigkeit		Hohe Geschwindigkeit	
	Kosten pro TEU (EUR)	Umlaufzeit (Tage)	Kosten pro TEU (EUR)	Umlaufzeit (Tage)
Semikat-60	762	8,3	791	6,6
Semikat-85	620	8,5	633	6,9
Semikat-110	583	8,7	612	7,1
Konv. Schiff: Gustav Königs	754	8,2	751	7,0
Konv. Schiff: Johann Welker	628	8,4	618	7,1
Konv. Schiff: GMS	585	8,7	610	7,5
LKW (75% Auslastung)	-	-	2338	1,8
LKW (100% Auslastung)	-	-	1784	1,8

Tab. 3–1: Kosten pro TEU und Transportzeiten bei Semikat, konventionellen Schiffen und LKW (Umlauf incl. Vor- und Nachlauf)

Einem sehr hohen Aufwand auf Seiten des LKW in Höhe von 1784 EUR bei 100% Auslastung bzw. von 2338 EUR bei 75% Auslastung stehen beim Semikat Kosten zwischen 612 (Semikat-110) und 791 EUR (Semikat-60) gegenüber.

Erwartungsgemäß ist der Zeitbedarf des Semikat deutlich höher als der des LKW: Gegenüber 1,8 Tagen beim LKW benötigt der Semikat in der Variante „hohe Geschwindigkeit“ zwischen 6,6 und 7,1 Tagen.

3.3 Relation Duisburg – Hannover

Auch auf der Relation Duisburg – Hannover benötigt der Semikat mit 3,1 bis 3,6 Tagen deutlich mehr Zeit für einen Umlauf als der LKW, der dies in 0,8 Tagen schafft (Tab. 3–2).

Duisburg – Hannover	Mittlere Geschwindigkeit		Hohe Geschwindigkeit	
	Kosten pro TEU (EUR)	Umlaufzeit (Tage)	Kosten pro TEU (EUR)	Umlaufzeit (Tage)
Semikat-60	518	3,9	522	3,1
Semikat-85	462	4,1	464	3,4
Semikat-110	447	4,3	459	3,6
Konv. Schiff: Gustav Königs	517	3,8	501	3,3
Konv. Schiff: Johann Welker	467	4,0	456	3,4
Konv. Schiff: GMS	450	4,3	459	3,8
LKW (75% Auslastung)	-	-	958	0,8
LKW (100% Auslastung)	-	-	746	0,8

Tab. 3–2: Kosten pro TEU und Transportzeiten bei Semikat, konventionellen Schiffen und LKW (Umlauf incl. Vor- und Nachlauf)

Dem steht nach wie vor ein erheblicher Kostenvorteil des Semikat gegenüber: Während beim LKW die Kosten pro TEU bei einer Auslastung von 100% bei 746 EUR liegen, kommt der Semikat – je nach Schiff – auf einen Kostensatz von etwa 460 bis 520 EUR pro TEU.

3.4 Relation Rotterdam – Karlsruhe

Für diese Relation stellen sich die Berechnungsergebnisse wie folgt dar (Tab. 3–3):

Rotterdam – Karlsruhe	Mittlere Geschwindigkeit		Hohe Geschwindigkeit	
	Kosten pro TEU (EUR)	Umlaufzeit (Tage)	Kosten pro TEU (EUR)	Umlaufzeit (Tage)
Semikat-60	534	5,0	621	3,9
Semikat-85	467	5,3	489	4,2
Semikat-110	453	5,6	474	4,5
Rhein-Semikat	431	6,7	444	6,0
Konv. Schiff: Gustav Königs	687	4,8	777	3,7
Konv. Schiff: Johann Welker	498	5,0	526	3,9
Konv. Schiff: GMS	445	5,6	482	4,5
LKW (75% Auslastung)	-	-	1872	1,5
LKW (100% Auslastung)	-	-	1434	1,5

**Tab. 3–3: Kosten pro TEU und Transportzeiten bei Semikat, konventionellen Schiffen und LKW
(Umlauf incl. Vor- und Nachlauf)**

Die Semikat-Schiffe benötigen bei hoher Geschwindigkeit – mit Ausnahme des Rhein-Semikat, der auf dem Mittelrhein etwas langsamer fahren muß – für einen Umlauf 3,9 bis 4,5 Tage. Mit 1,5 Tagen benötigt der LKW weniger als die Hälfte der Transportzeit, kommt allerdings mit 1872 EUR (bei 75% Auslastung) bzw. 1434 EUR (bei 100% Auslastung) auch auf einen mehr als doppelt so hohen Kostensatz wie die Semikat-Schiffe.

3.5 Relation Rotterdam – Duisburg

Im Hinblick auf die Kosten liegen Binnenschiff und LKW bei der Relation Rotterdam – Duisburg recht nah beieinander. Aufgrund der relativ kurzen Fahrtstrecke machen sich die beim Binnenschifftransport zusätzlich erforderlichen Container-Umschlagsvorgänge hier deutlich bemerkbar (Tab. 3–4).

Rotterdam – Duisburg	Mittlere Geschwindigkeit		Hohe Geschwindigkeit	
	Kosten pro TEU (EUR)	Umlaufzeit (Tage)	Kosten pro TEU (EUR)	Umlaufzeit (Tage)
Semikat-60	406	1,8	429	1,4
Semikat-85	386	2,1	396	1,7
Semikat-110	382	2,4	390	2,0
Rhein-Semikat	377	3,5	383	3,2
Konv. Schiff: Gustav Königs	454	1,6	494	1,2
Konv. Schiff: Johann Welker	395	1,8	406	1,5
Konv. Schiff: GMS	378	2,4	383	2,0
LKW (75% Auslastung)	-	-	574	0,6
LKW (100% Auslastung)	-	-	457	0,6

Tab. 3–4: Kosten pro TEU und Transportzeiten bei Semikat, konventionellen Schiffen und LKW (Umlauf incl. Vor- und Nachlauf)

Die Kosten pro TEU liegen bei den Semikat-Schiffen zwischen 380 und 430 EUR (hohe Geschwindigkeit). Der LKW kommt auf einen (nicht wesentlich höheren) Kostensatz von 457 EUR und benötigt für einen Umlauf 0,8 bis 1,4 Tage weniger als die Semikat-Kanalschiffe.

Gleichwohl ist hier festzuhalten, daß dieses Phänomen – recht große Zeitnachteile bei nur relativ geringen Kostenvorteilen gegenüber dem LKW – nicht semikat-spezifisch ist, sondern, wie die Daten der konventionellen Binnenschiffe beweisen, aus der durch die Relation bedingten kurzen Fahrtstrecke resultiert.

3.6 Fazit Transportkettenvergleich

Im Vergleich zum konventionellen Binnenschiff werden durch den Semikat unter bestimmten Bedingungen i.d.R. etwas kürzere Transportzeiten möglich. Dabei müssen die Kosten gegenüber denen des konventionellen Binnenschiffs nicht unbedingt höher sein, vielmehr kommt es auf die spezifischen Rahmenbedingungen, wie etwa die Relation und die damit verbundenen Fahrwasserverhältnisse, an.

Auch dort wo der Semikat eine kürzere Umlaufzeit nur zu Lasten höherer Kosten erreichen kann, verlagert er die Position des Verkehrsmittels Binnenschiff ein Stück weiter in Richtung der Marktposition des LKW, dem von Verladern und Endkunden höhere zeitliche Anforderungen, aber auch höhere Preis- und Kostenzugeständnisse entgegen gebracht werden.

Doch die Wettbewerbsposition des Semikat ist nicht allein gekennzeichnet durch eine zwischen LKW und konventionellem Binnenschiff liegende Kosten- und Zeitposition. Vielmehr machen die vorliegenden Ergebnisse deutlich, daß der Semikat für die Rahmenbedingungen, auf die er hin konzipiert wurde – zeitkritische Containertransporte, flaches Fahrwasser –, auch im rein binnenschiffsinternen Wettbewerbsvergleich positiv abschneidet und dort eine eigenständige und tragfähige Wettbewerbsposition besetzen kann.

Dieses Vorhaben wurde in dankenswerter Weise von der Arbeitsgemeinschaft der industriellen Forschungsvereinigungen (AiF) mit Mitteln des BMWi gefördert.

Duisburg, 18.06.2003

Fachbereich Verkehrswirtschaft

Der Bearbeiter:

Der Fachbereichsleiter:

.....
(Dipl.-Oec. D. Gründer)

.....
(Dipl.-Ing. B. Holtmann)

VBD - Europäisches Entwicklungszentrum
für Binnen- und Küstenschifffahrt

.....
(Prof. Dr. P. Engelkamp)

Anhang

Übersicht

Abbildungen zu den Ergebnissen der Basisrechnung (Darstellung der Kosten in Abhängigkeit der Geschwindigkeit)	Abb. A–1 bis Abb. A–16
Abbildungen zu den Ergebnissen der Basisrechnung (Darstellung der Kosten in Abhängigkeit der Umlaufzeit)	Abb. A–17 bis Abb. A–28
Abbildungen zu den Ergebnissen der Variante A (Darstellung der Kosten in Abhängigkeit der Geschwindigkeit)	Abb. A–29 bis Abb. A–44
Abbildungen zu den Ergebnissen der Variante B (Darstellung der Kosten in Abhängigkeit der Geschwindigkeit)	Abb. A–45 bis Abb. A–60
Abbildungen zu den Ergebnissen der Variante C (Darstellung der Kosten in Abhängigkeit der Geschwindigkeit):	Abb. A–61 bis Abb. A–76

Abbildungen zu den Ergebnissen der Basisrechnung (Darstellung der Kosten in Abhängigkeit der Geschwindigkeit):

1. Relation Rotterdam – Berlin

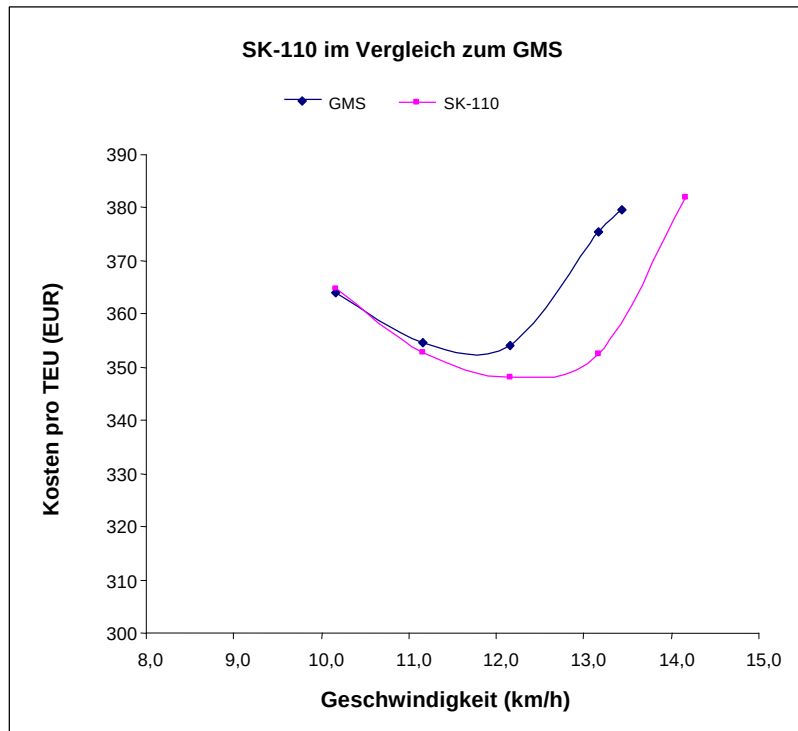


Abb. A-1: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Basisrechnung)

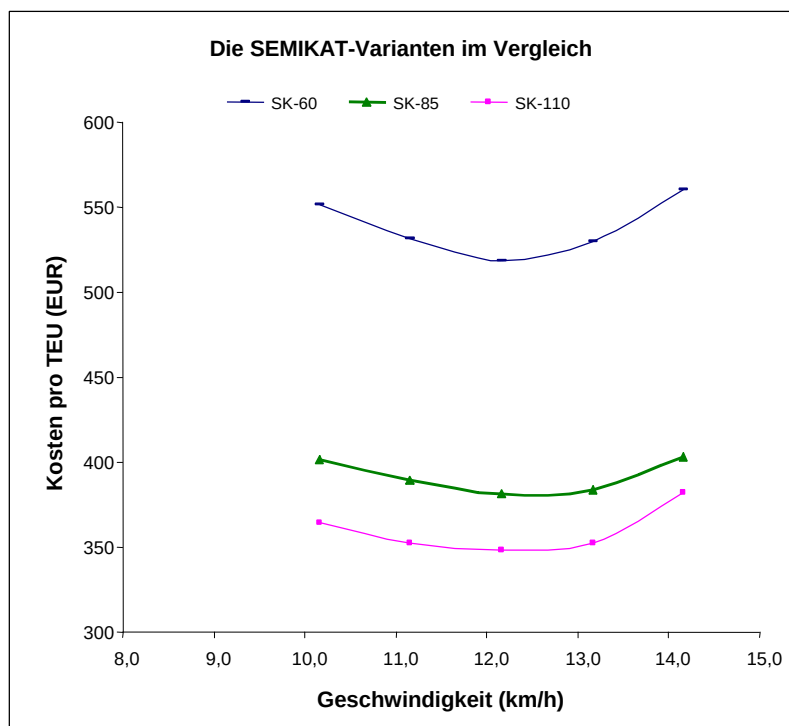


Abb. A-2: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Basisrechnung)

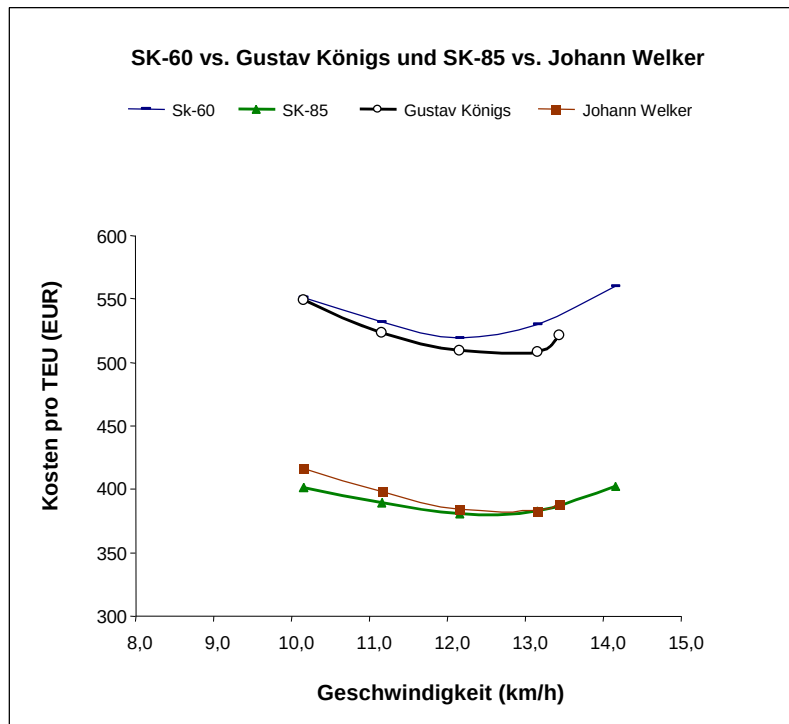


Abb. A-3: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Basisrechnung)

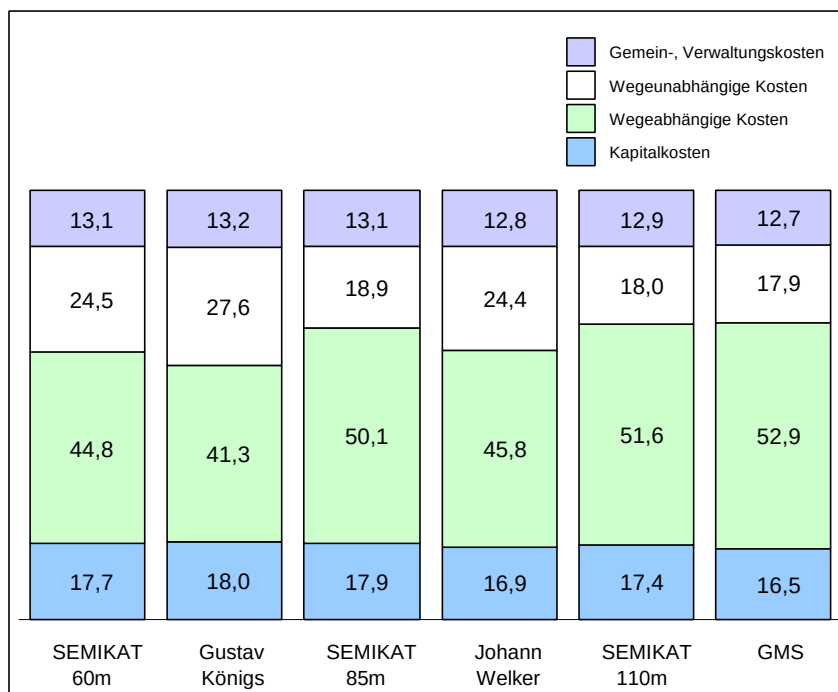


Abb. A-4: Kostenstruktur (Anteil an Gesamtkosten in %; Basisrechnung)

2. Relation Duisburg – Hannover

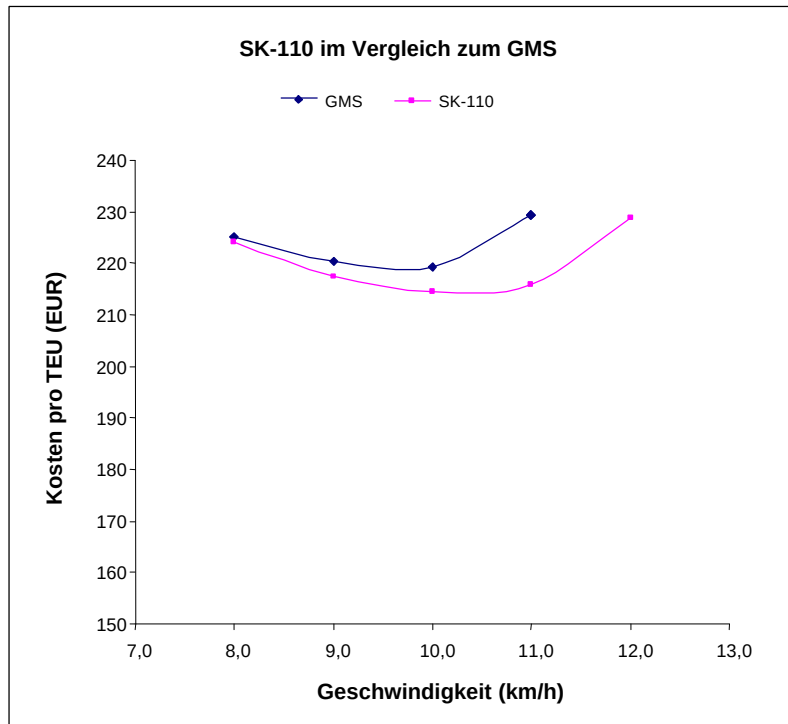


Abb. A-5: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Basisrechnung)

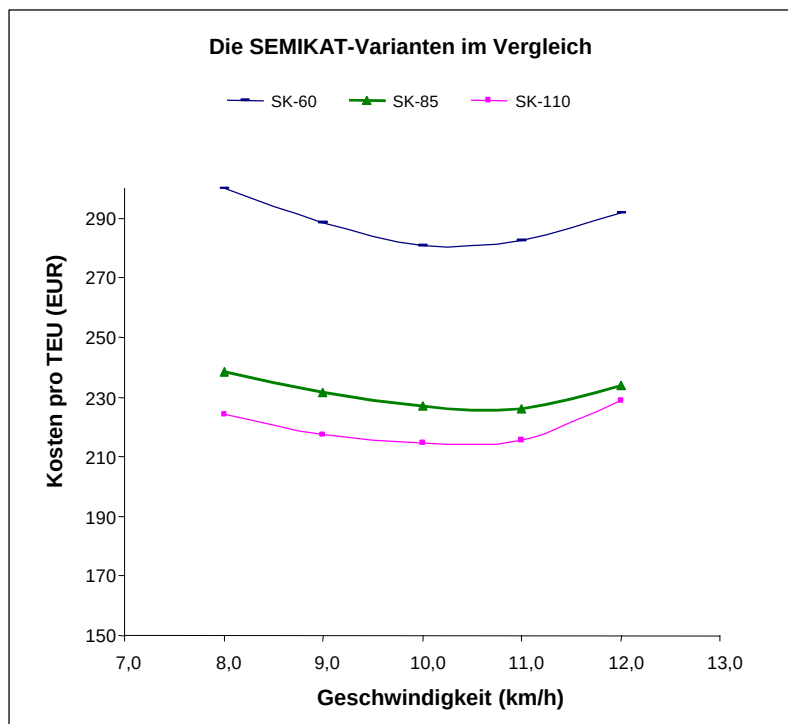


Abb. A-6: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Basisrechnung)

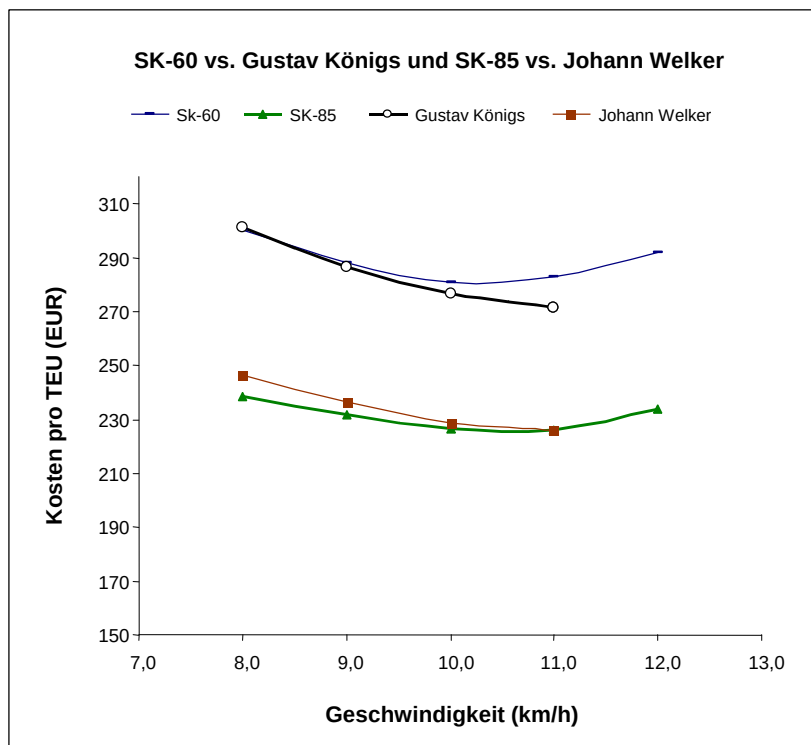


Abb. A-7: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Basisrechnung)

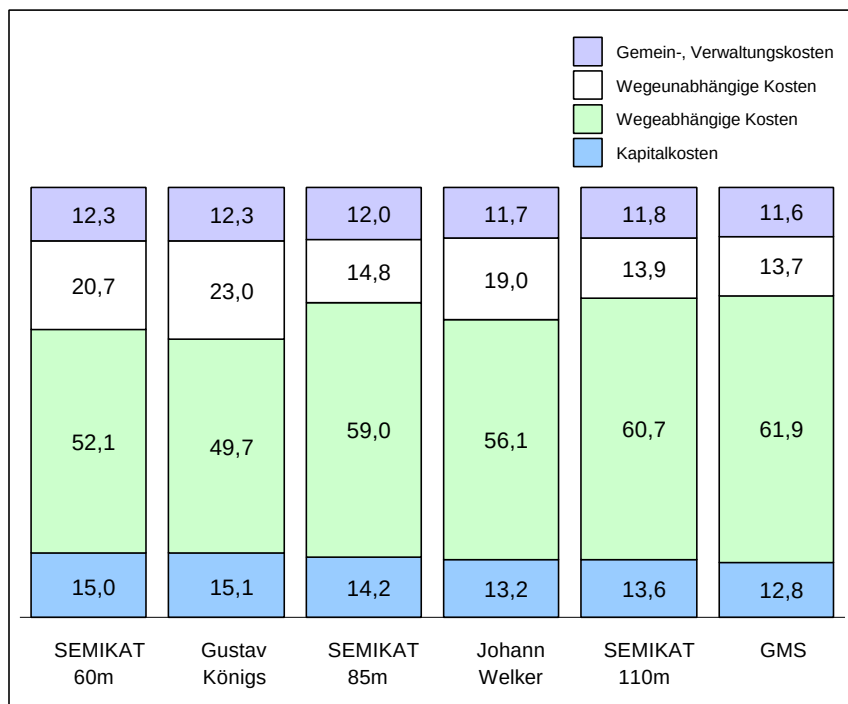


Abb. A-8: Kostenstruktur (Anteil an Gesamtkosten in %; Basisrechnung)

3. Relation Rotterdam – Karlsruhe

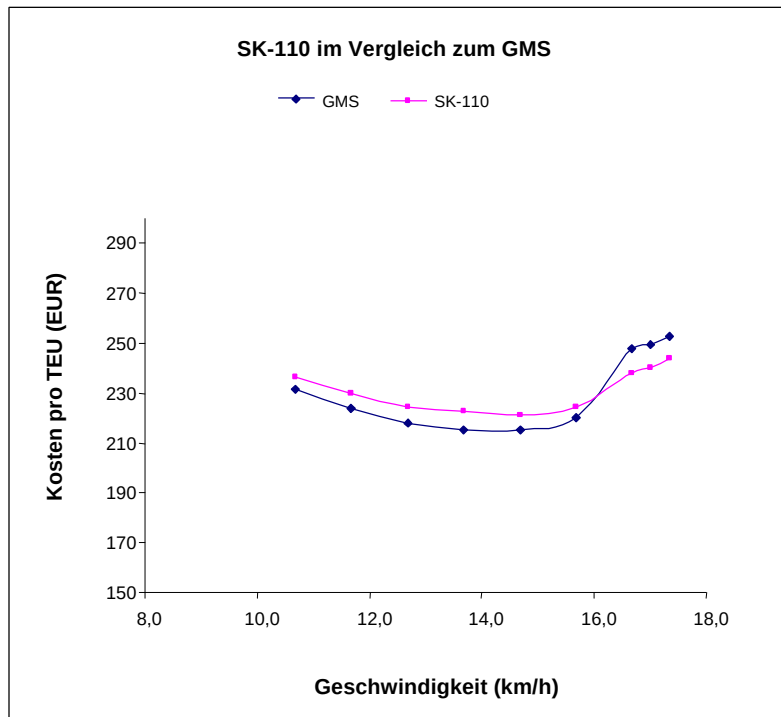


Abb. A-9: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Basisrechnung)

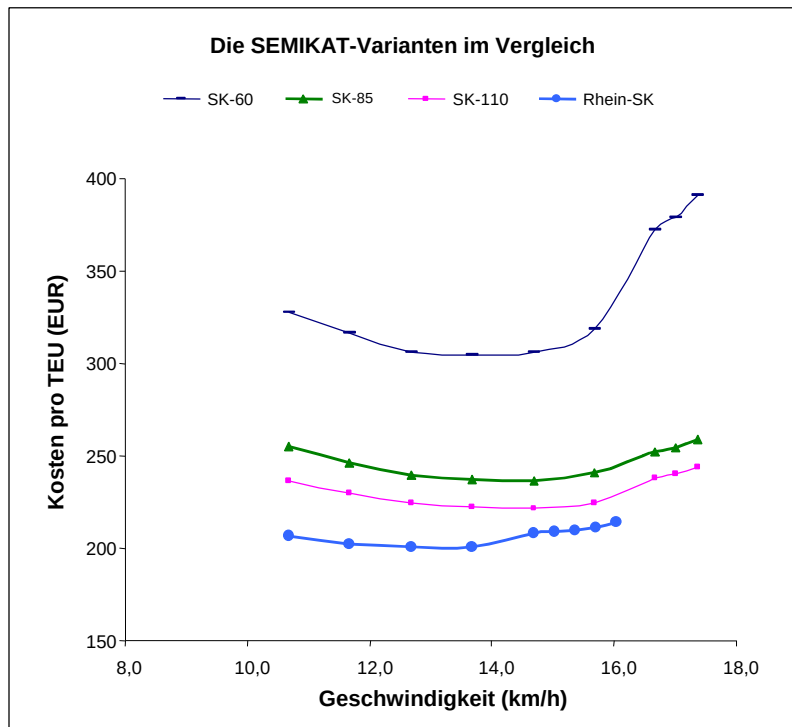


Abb. A-10: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Basisrechnung)

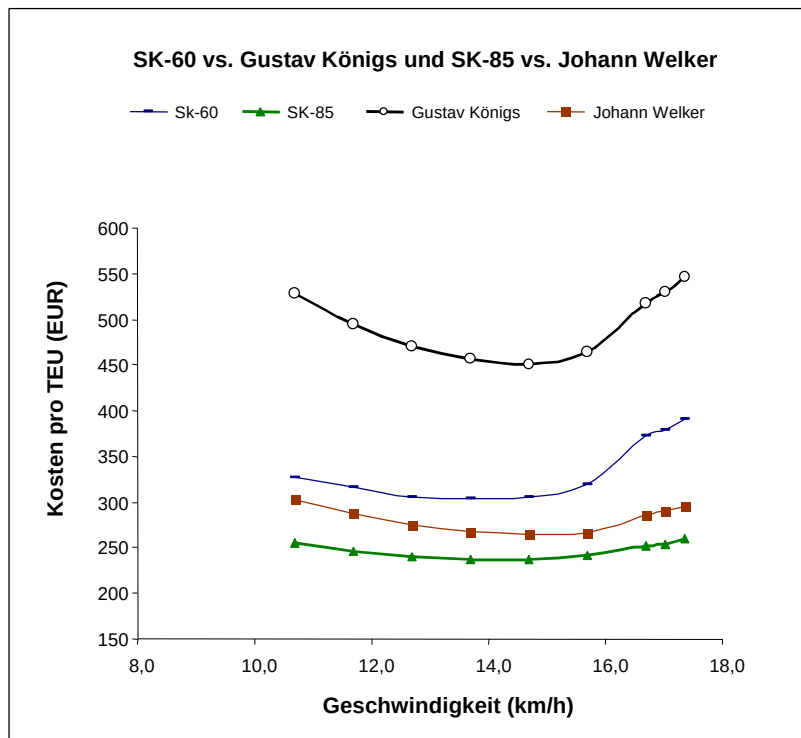


Abb. A-11: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Basisrechnung)

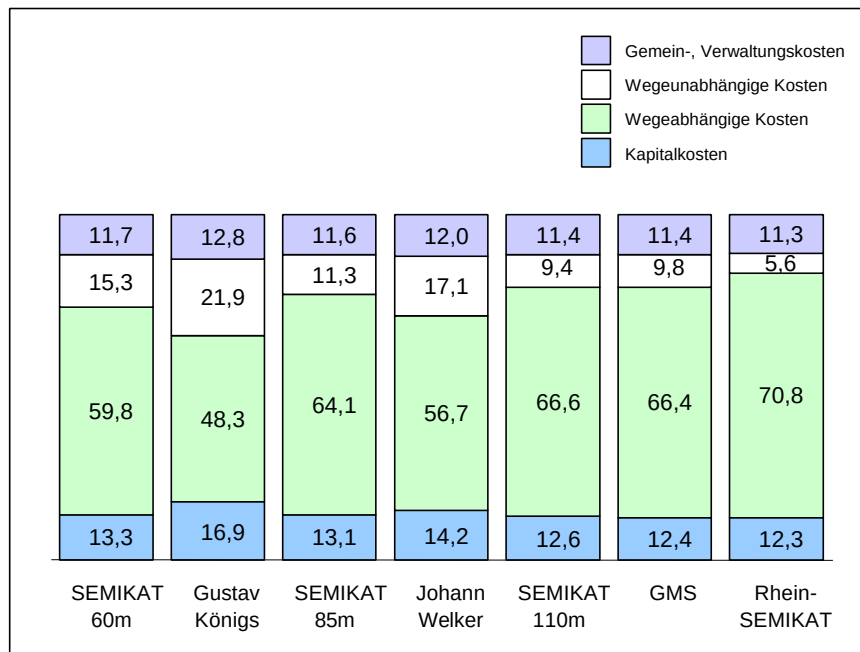


Abb. A-12: Kostenstruktur (Anteil an Gesamtkosten in %; Basisrechnung)

4. Relation Rotterdam – Duisburg

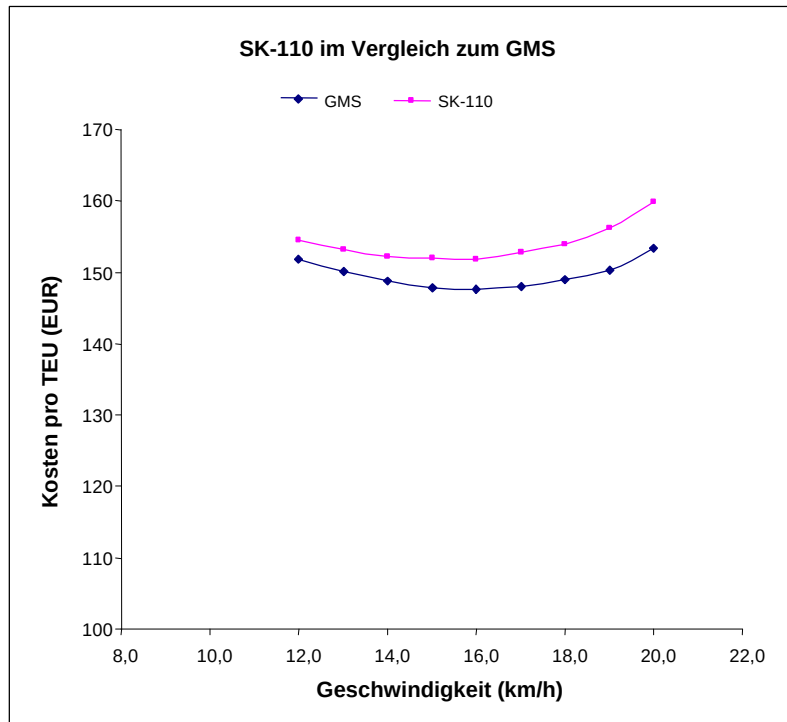


Abb. A-13: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Basisrechnung)

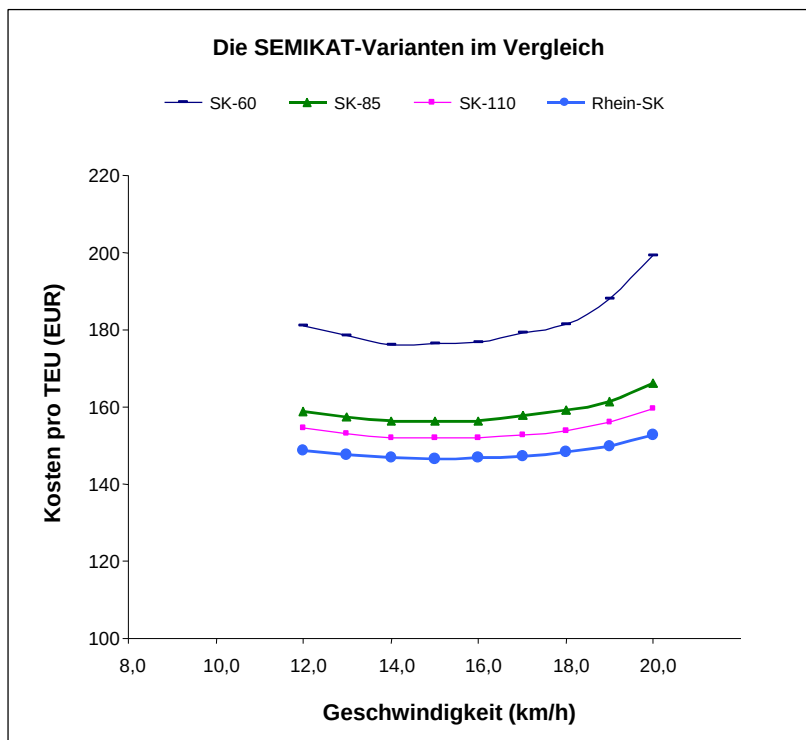


Abb. A-14: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Basisrechnung)

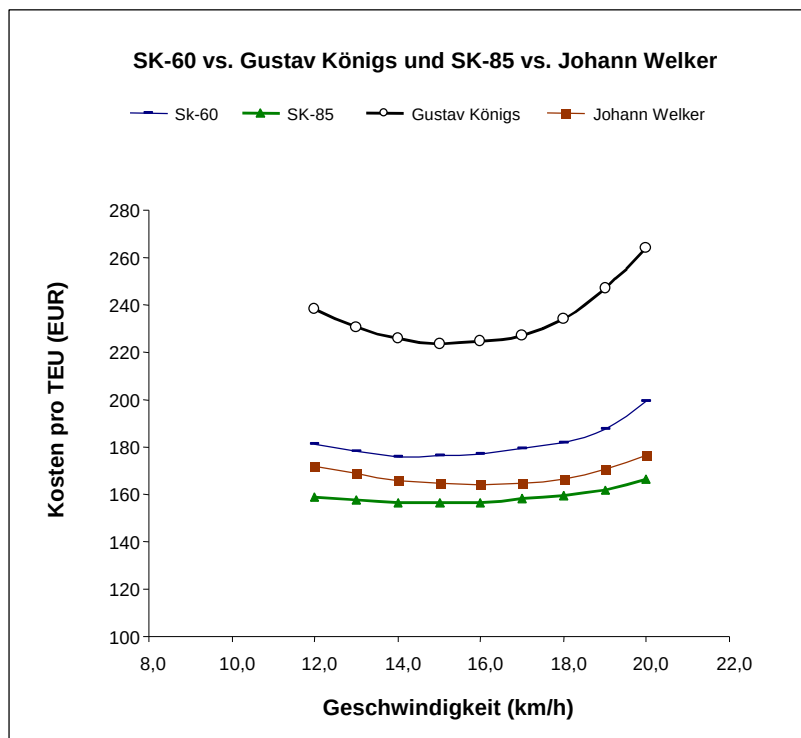


Abb. A-15: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Basisrechnung)

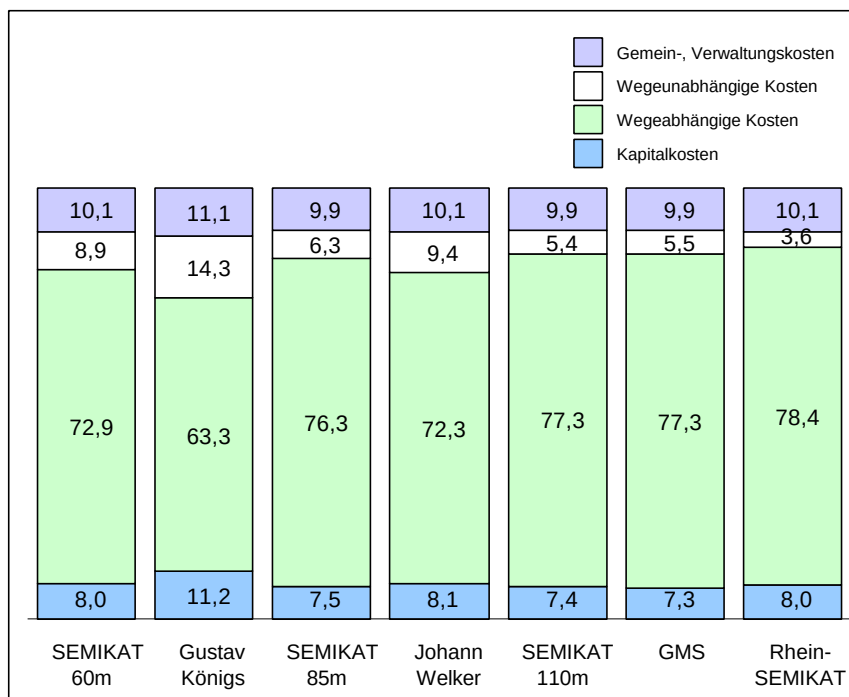


Abb. A-16: Kostenstruktur (Anteil an Gesamtkosten in %; Basisrechnung)

Abbildungen zu den Ergebnissen der Basisrechnung (Darstellung der Kosten in Abhängigkeit der Umlaufzeit):

1. Relation Rotterdam – Berlin

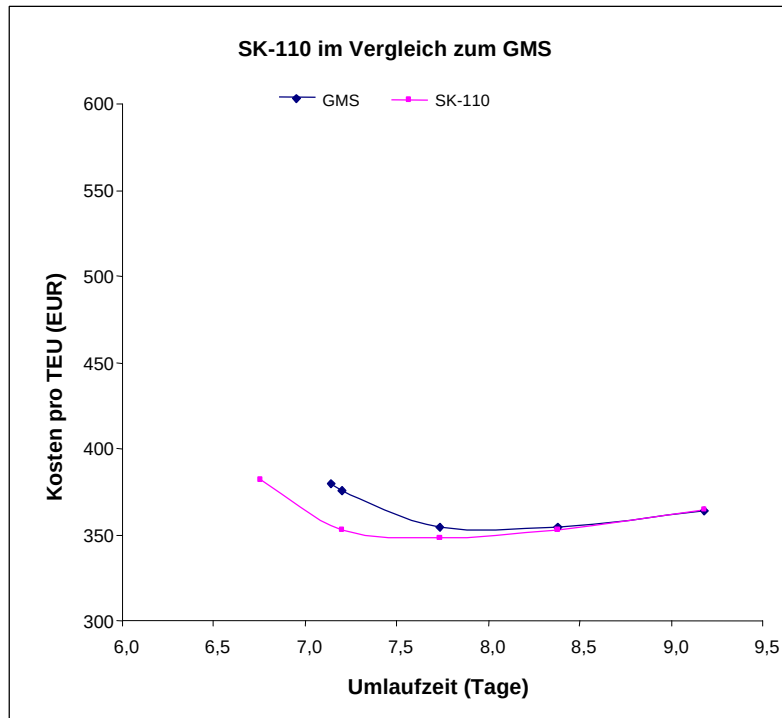


Abb. A-17: Kosten pro TEU / Umlaufzeit (Basisrechnung)

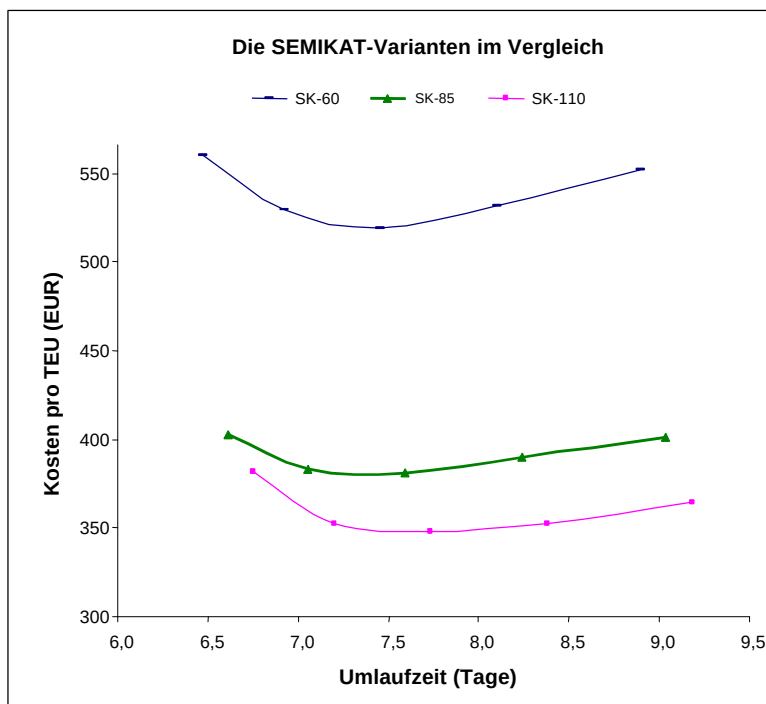


Abb. A-18: Kosten pro TEU / Umlaufzeit (Basisrechnung)

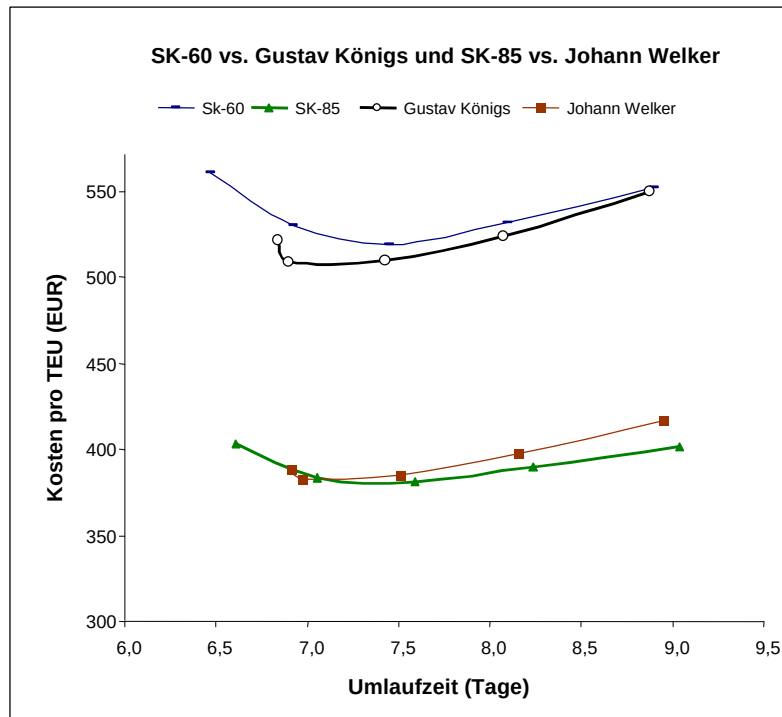


Abb. A-19: Kosten pro TEU / Umlaufzeit (Basisrechnung)

2. Relation Duisburg – Hannover

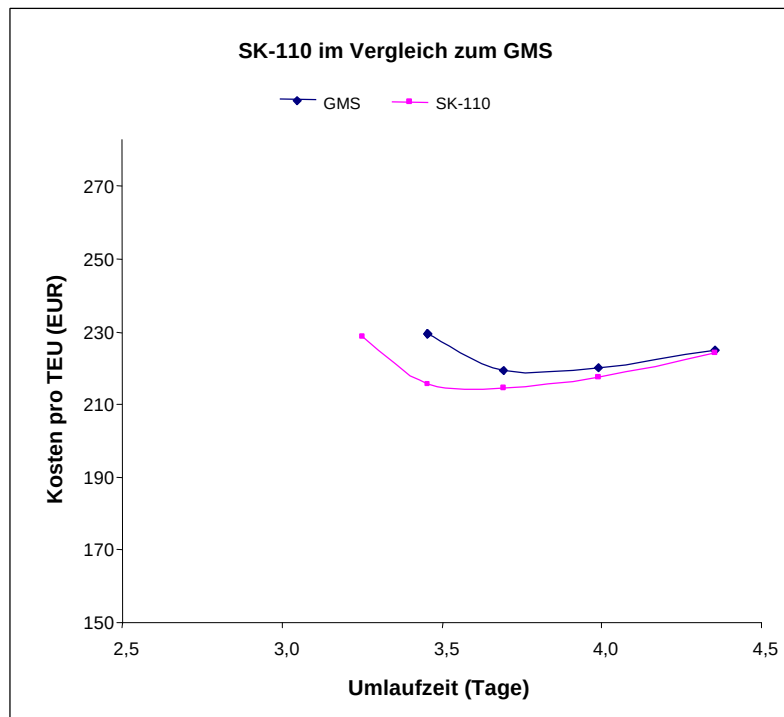


Abb. A-20: Kosten pro TEU / Umlaufzeit (Basisrechnung)

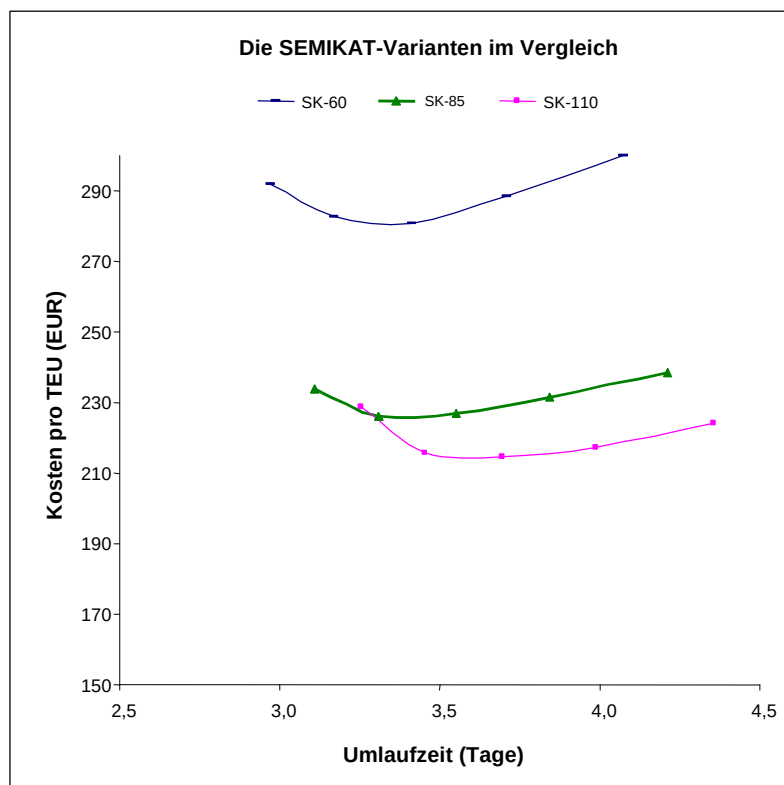


Abb. A-21: Kosten pro TEU / Umlaufzeit (Basisrechnung)

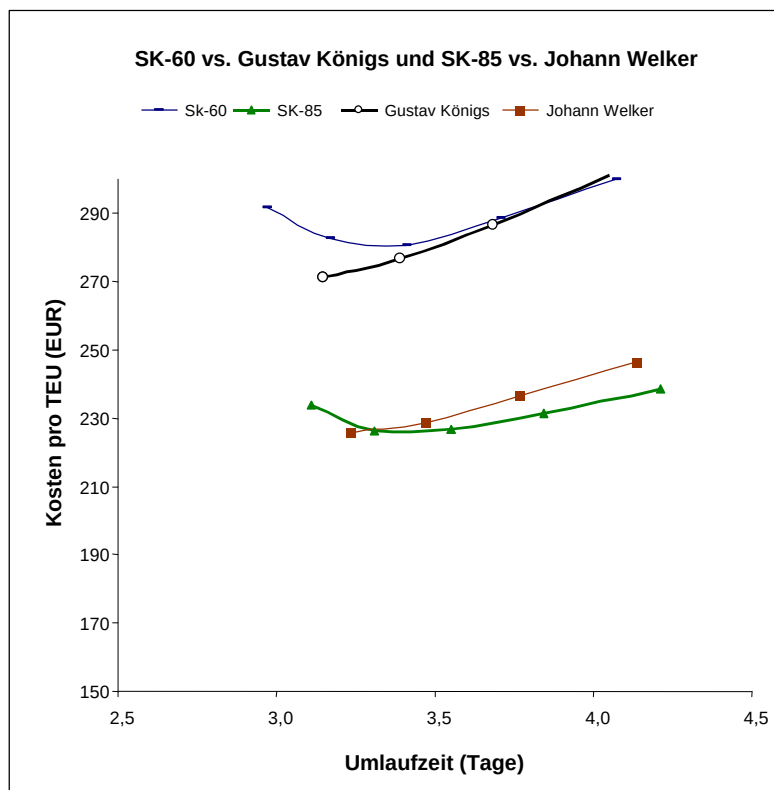


Abb. A-22: Kosten pro TEU / Umlaufzeit (Basisrechnung)

3. Relation Rotterdam – Karlsruhe

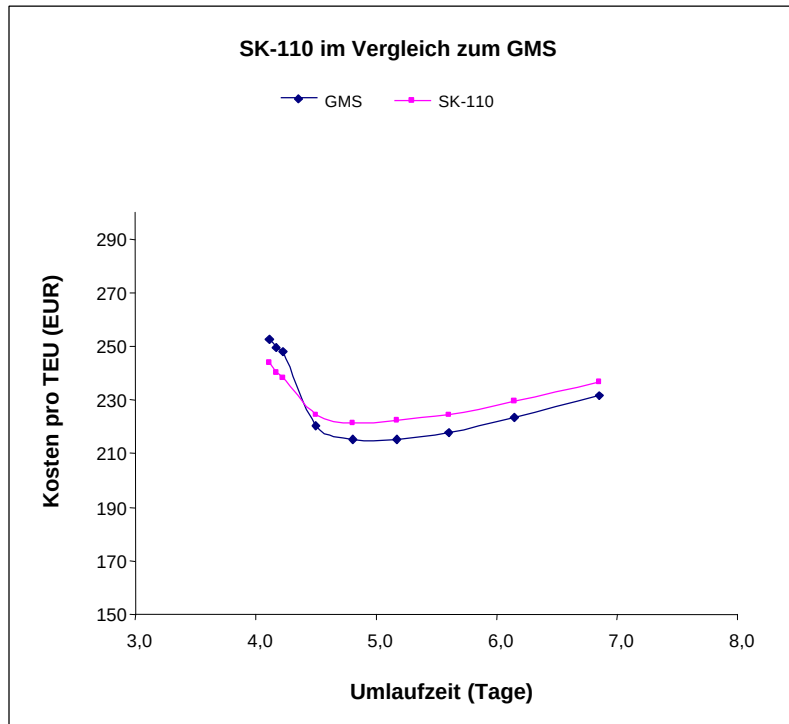


Abb. A-23: Kosten pro TEU / Umlaufzeit (Basisrechnung)

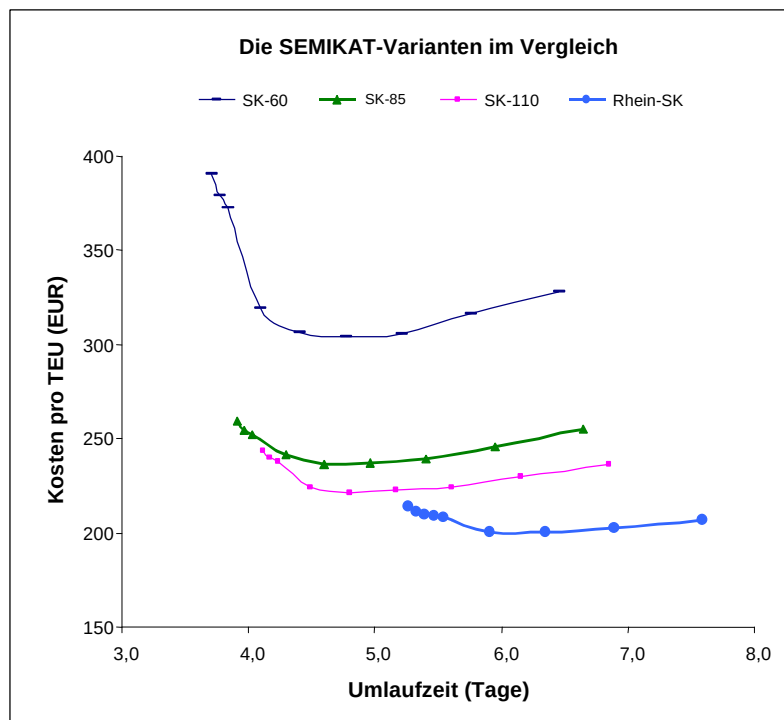


Abb. A-24: Kosten pro TEU / Umlaufzeit (Basisrechnung)

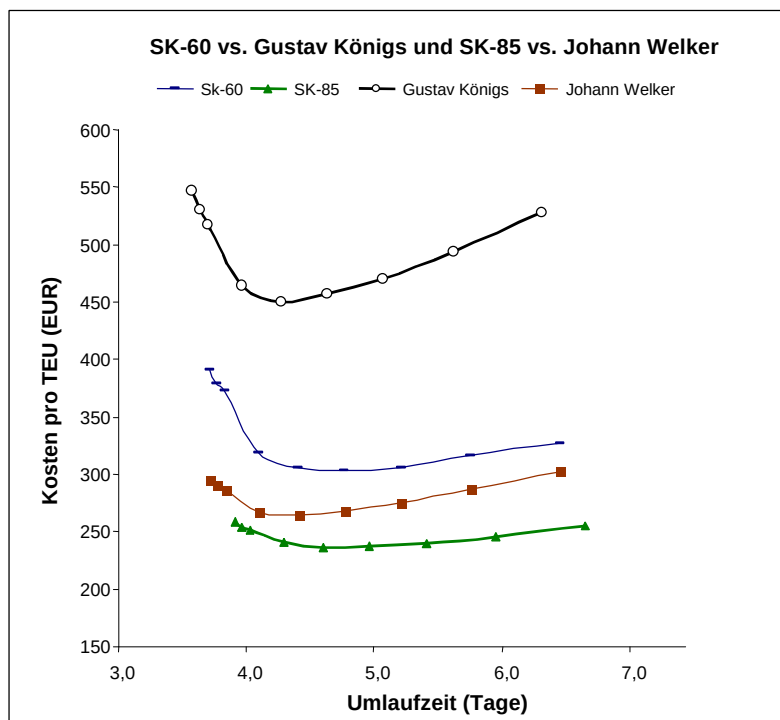


Abb. A-25: Kosten pro TEU / Umlaufzeit (Basisrechnung)

4. Relation Rotterdam – Duisburg

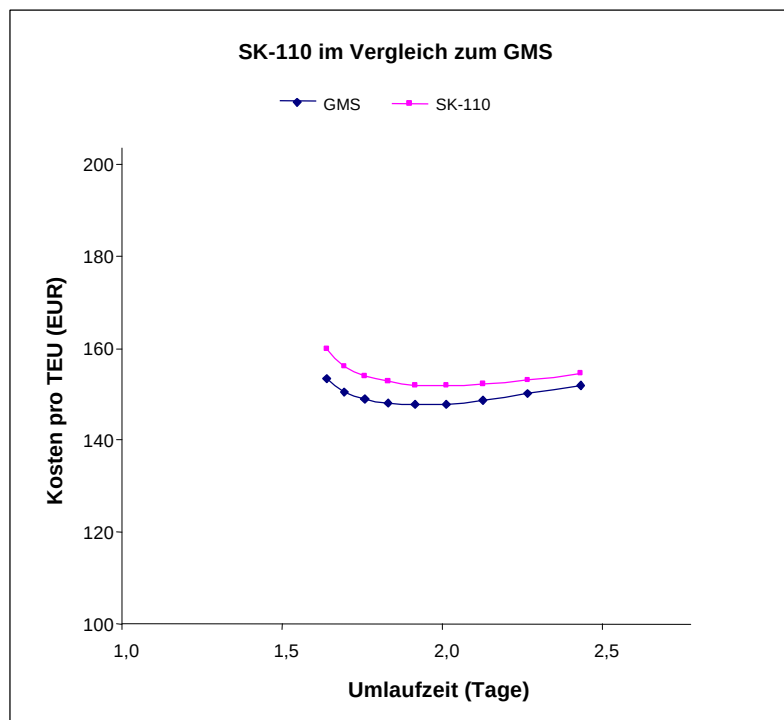


Abb. A-26: Kosten pro TEU / Umlaufzeit (Basisrechnung)

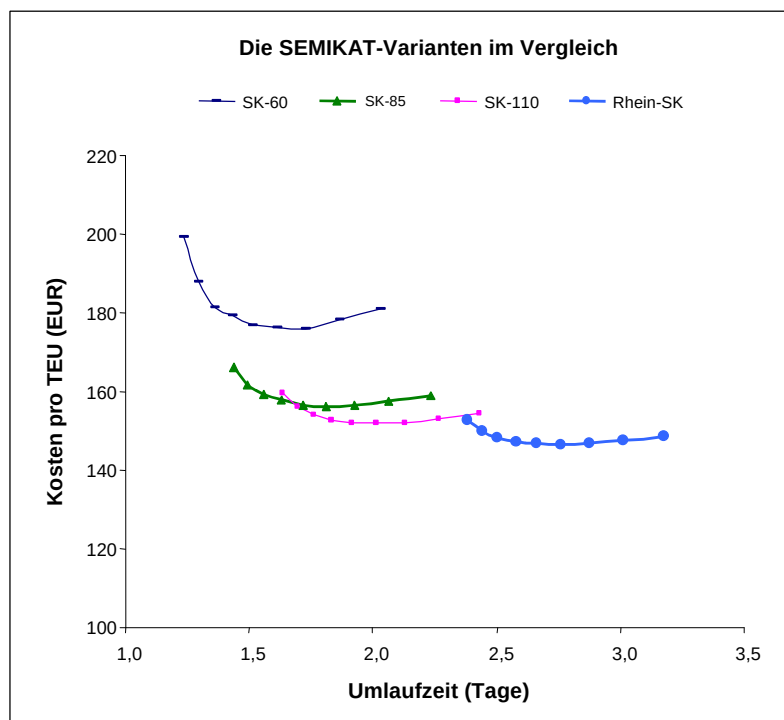


Abb. A-27: Kosten pro TEU / Umlaufzeit (Basisrechnung)

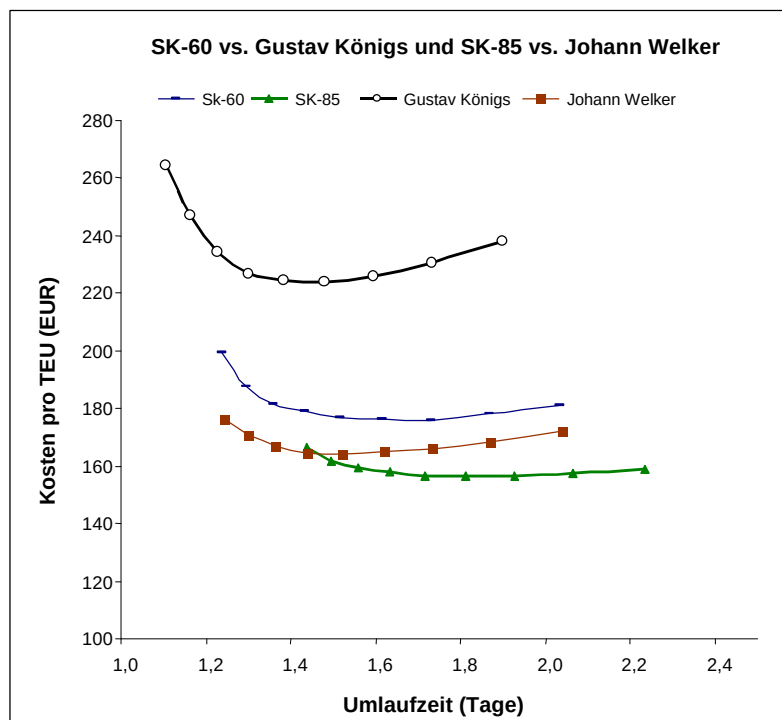


Abb. A-28: Kosten pro TEU / Umlaufzeit (Basisrechnung)

Abbildungen zu den Ergebnissen der Variante A (Darstellung der Kosten in Abhängigkeit der Geschwindigkeit):

1. Relation Rotterdam – Berlin

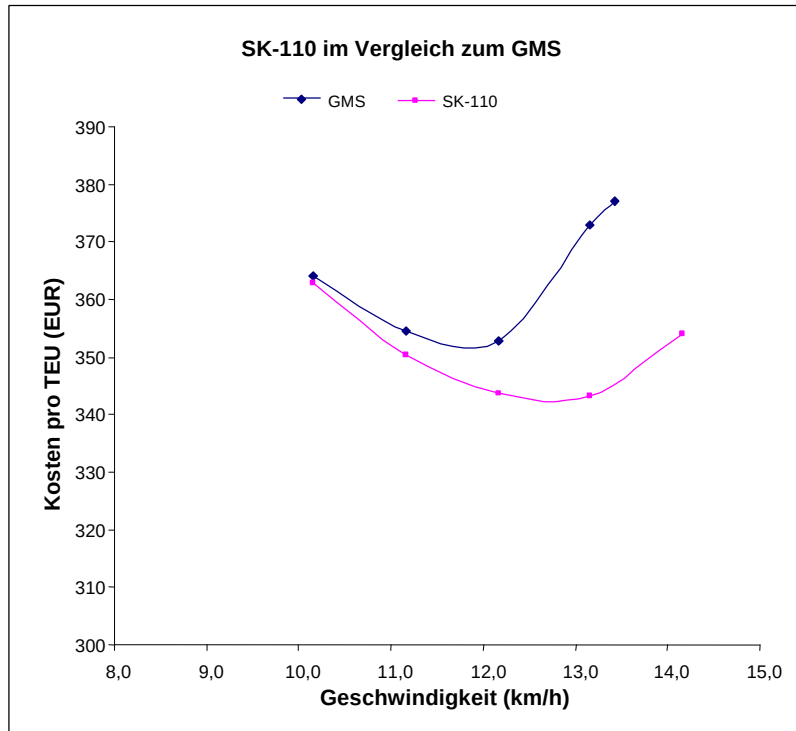


Abb. A-29: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante A)

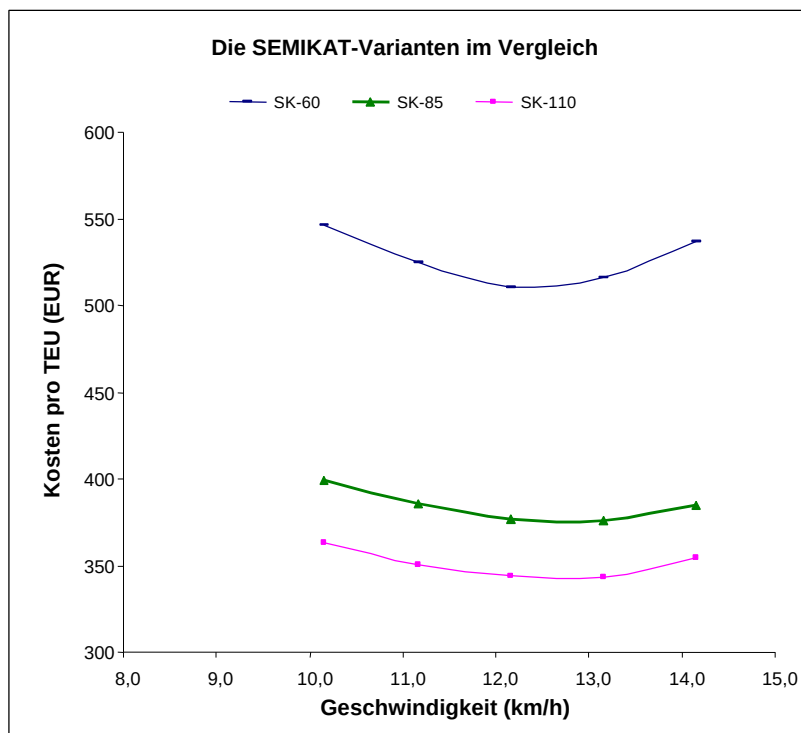


Abb. A-30: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante A)

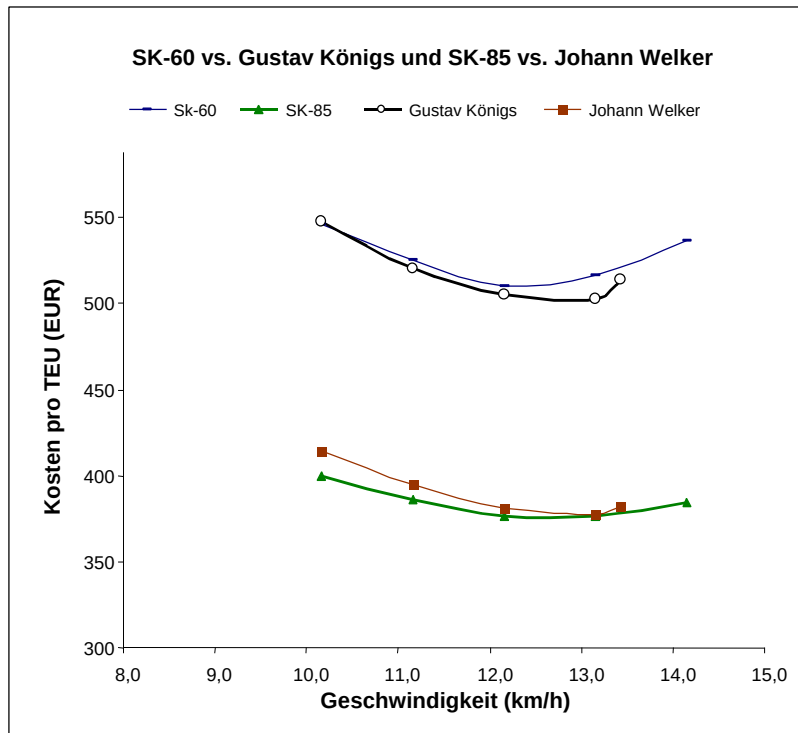


Abb. A-31: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante A)

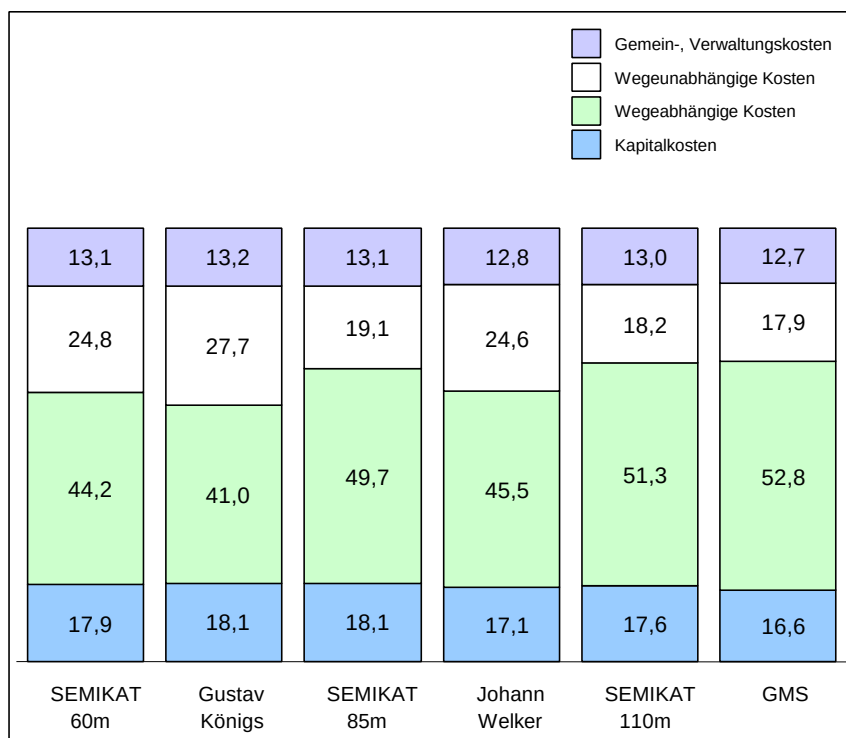


Abb. A-32: Kostenstruktur (Anteil an Gesamtkosten in %; Variante A)

2. Relation Duisburg – Hannover

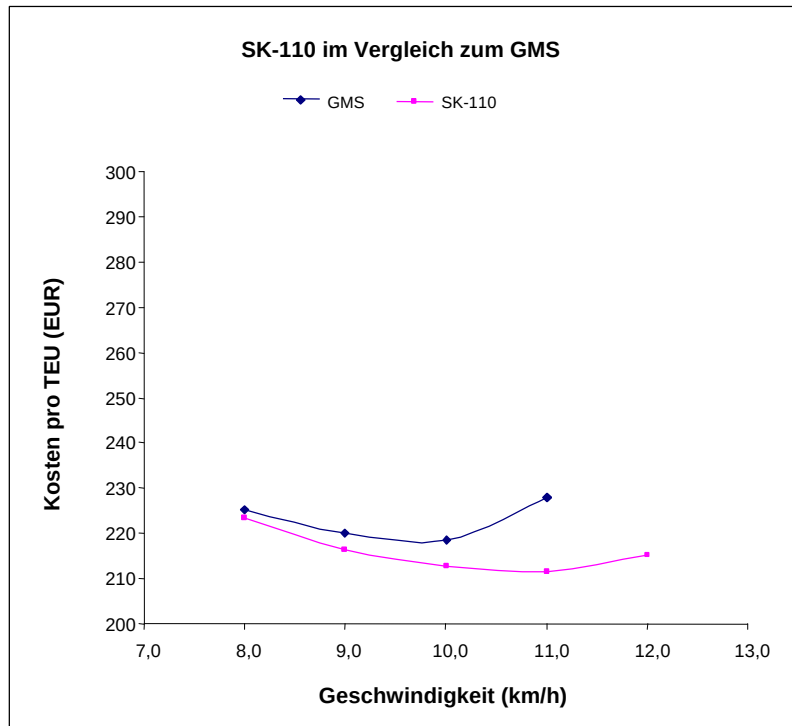


Abb. A-33: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante A)

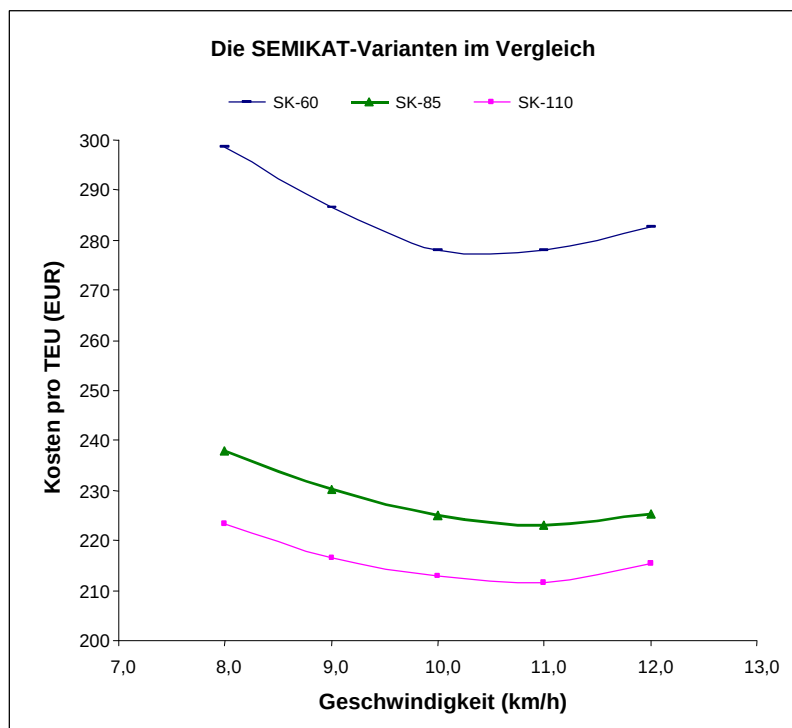


Abb. A-34: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante A)

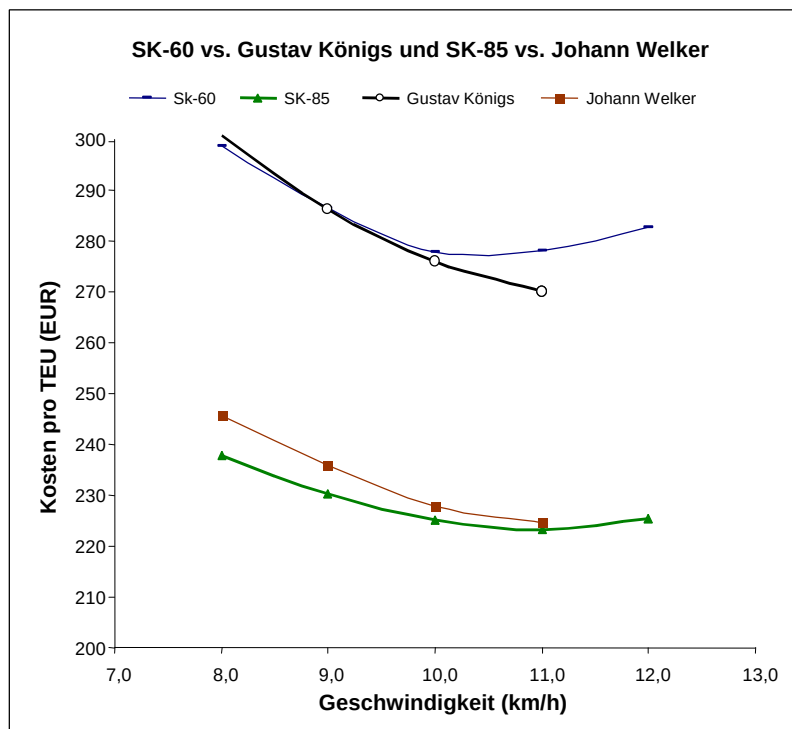


Abb. A-35: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante A)

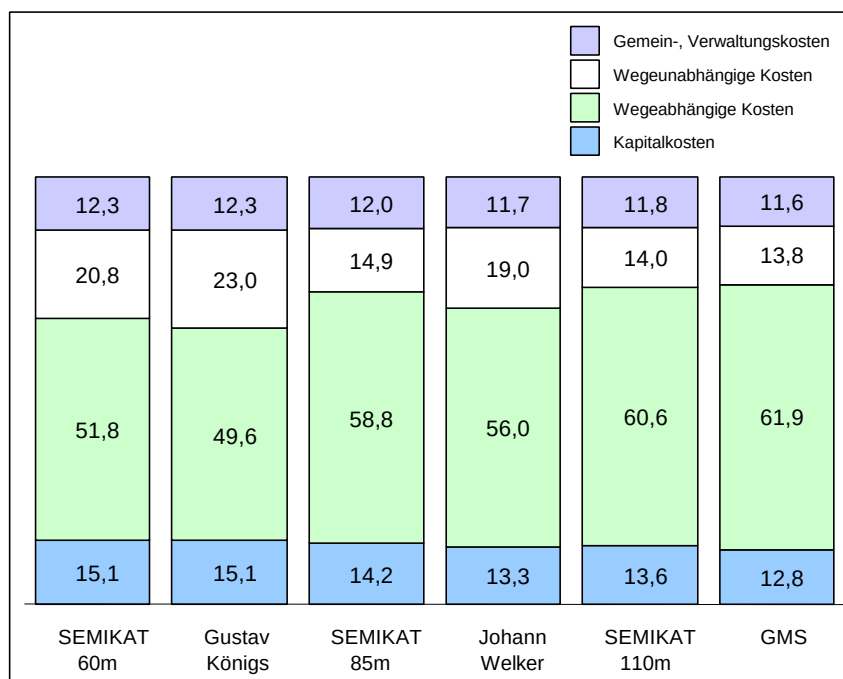


Abb. A-36: Kostenstruktur (Anteil an Gesamtkosten in %; Variante A)

3. Relation Rotterdam – Karlsruhe

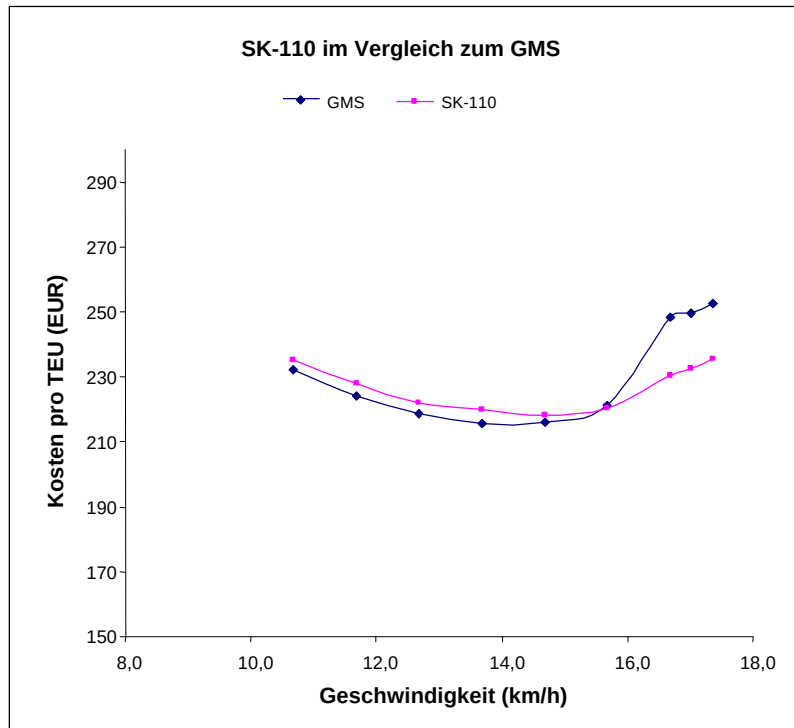


Abb. A-37: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante A)

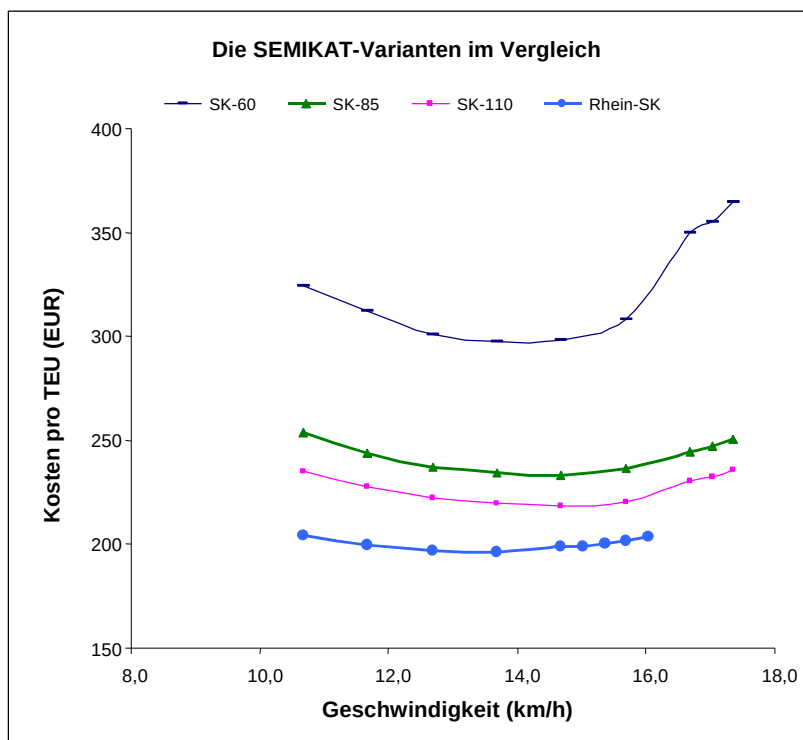


Abb. A-38: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante A)

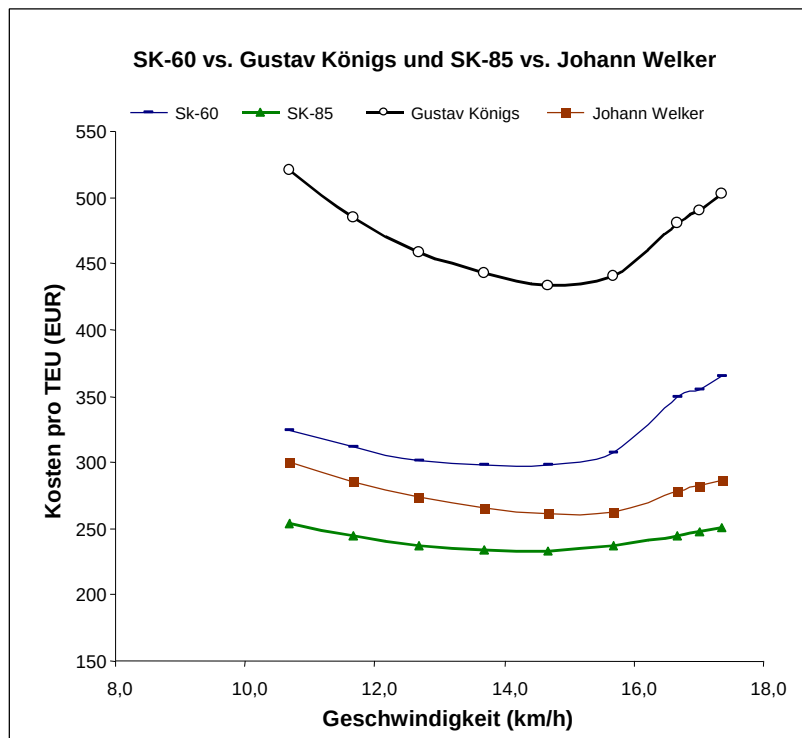


Abb. A-39: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante A)

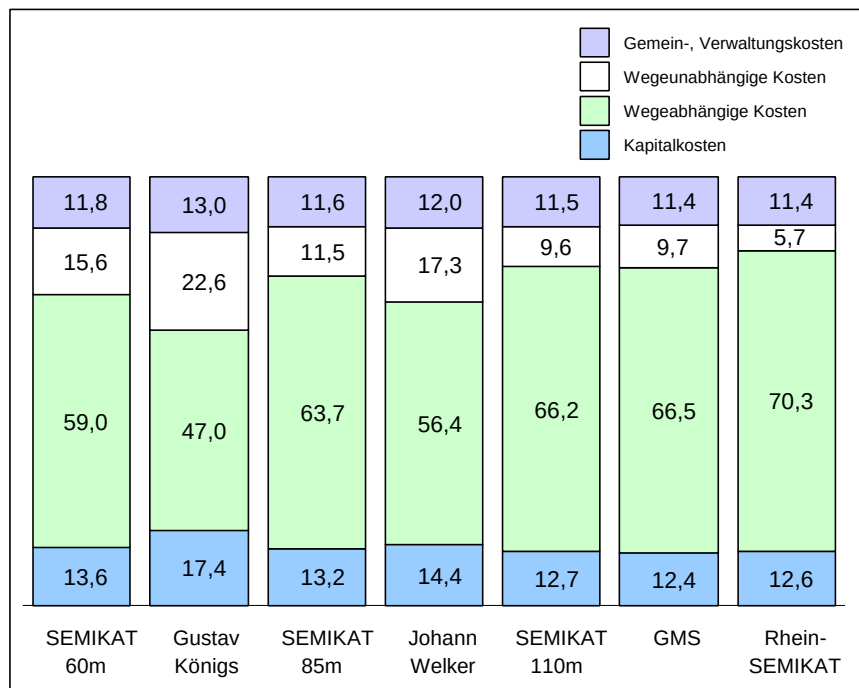


Abb. A-40: Kostenstruktur (Anteil an Gesamtkosten in %; Variante A)

4. Relation Rotterdam – Duisburg

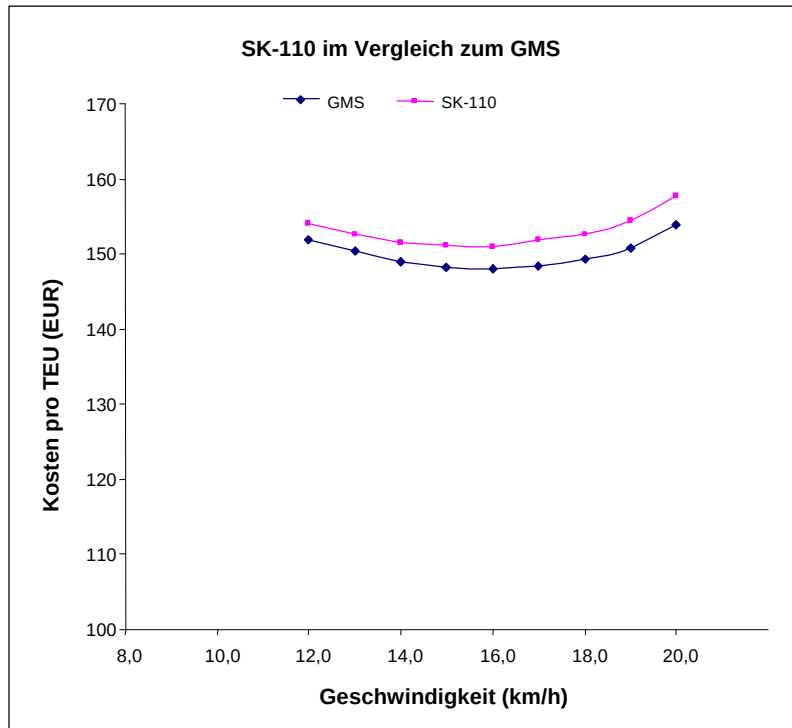


Abb. A-41: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante A)

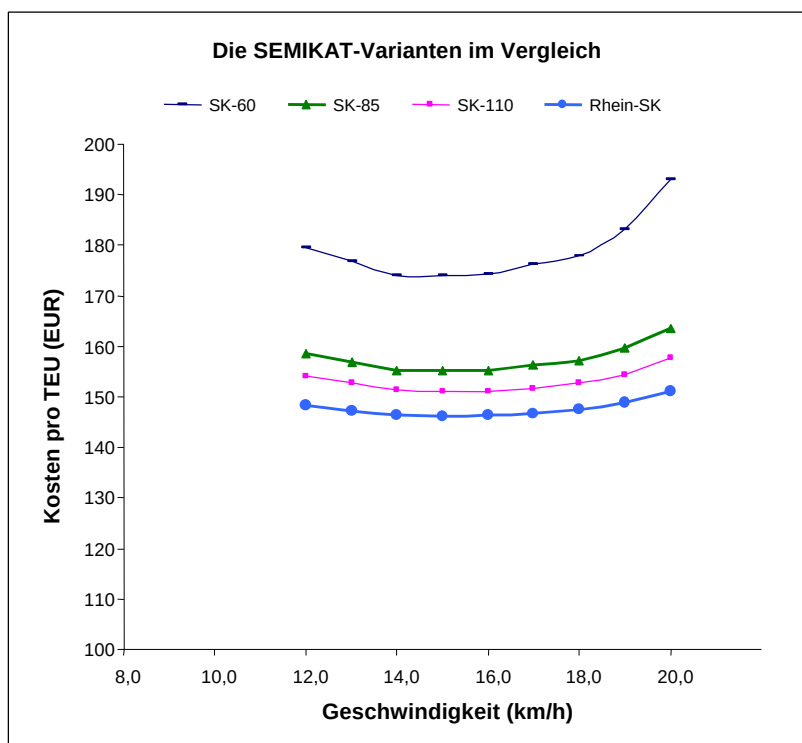


Abb. A-42: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante A)

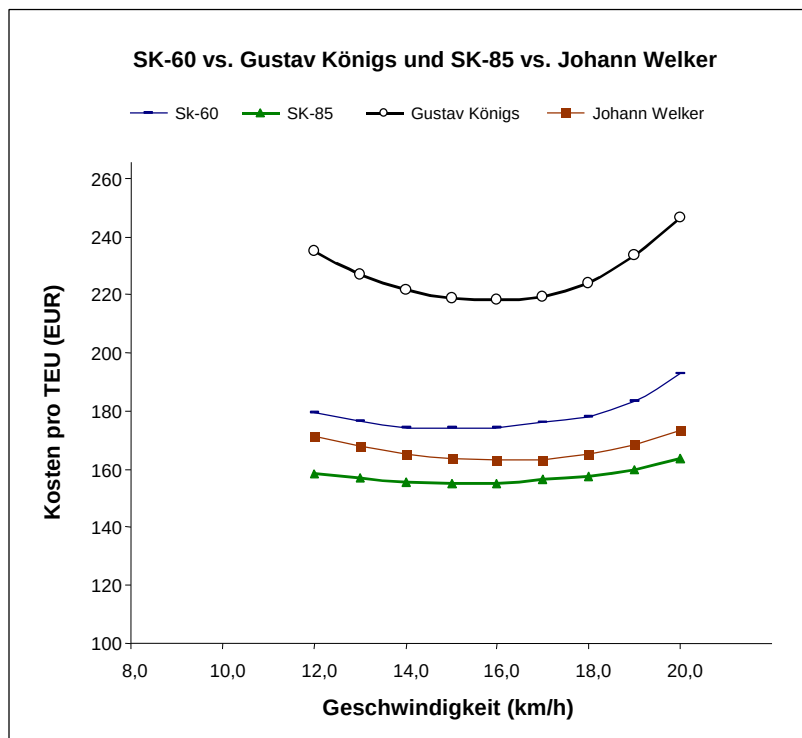


Abb. A-43: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante A)

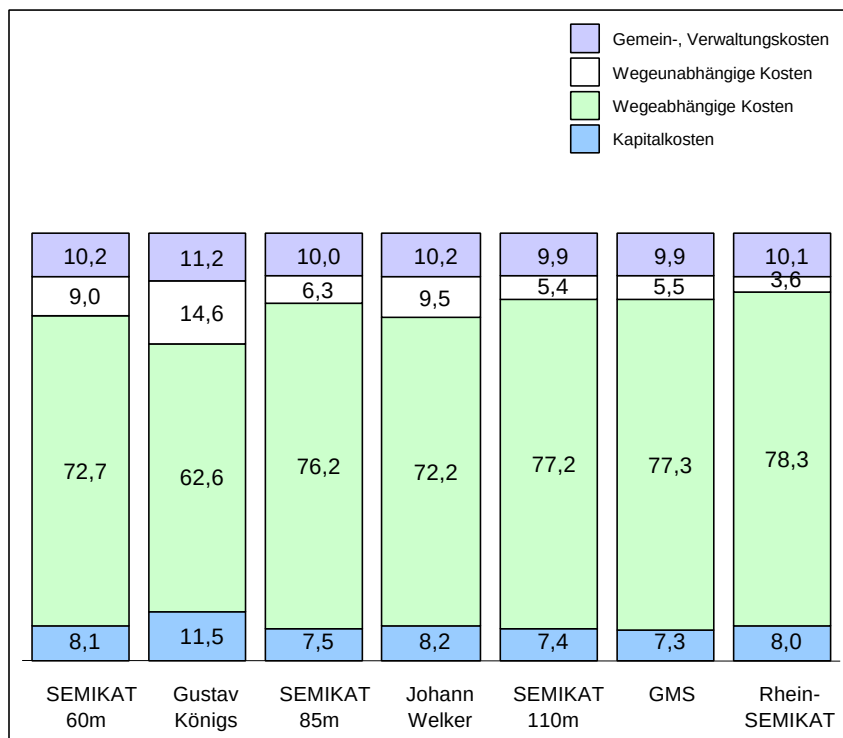


Abb. A-44: Kostenstruktur (Anteil an Gesamtkosten in %; Variante A)

Abbildungen zu den Ergebnissen der Variante B (Darstellung der Kosten in Abhängigkeit der Geschwindigkeit):

1. Relation Rotterdam – Berlin

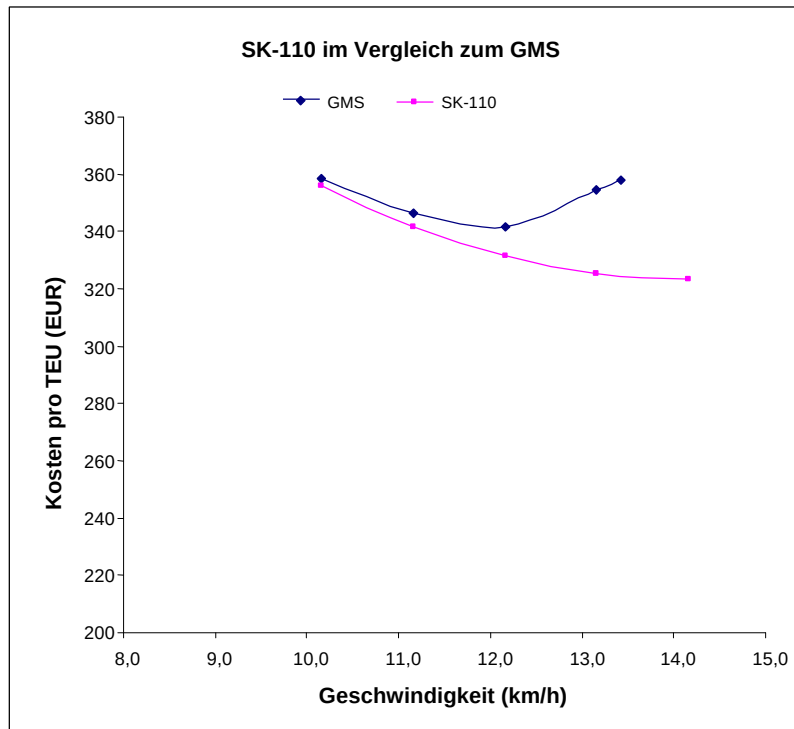


Abb. A-45: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante B)

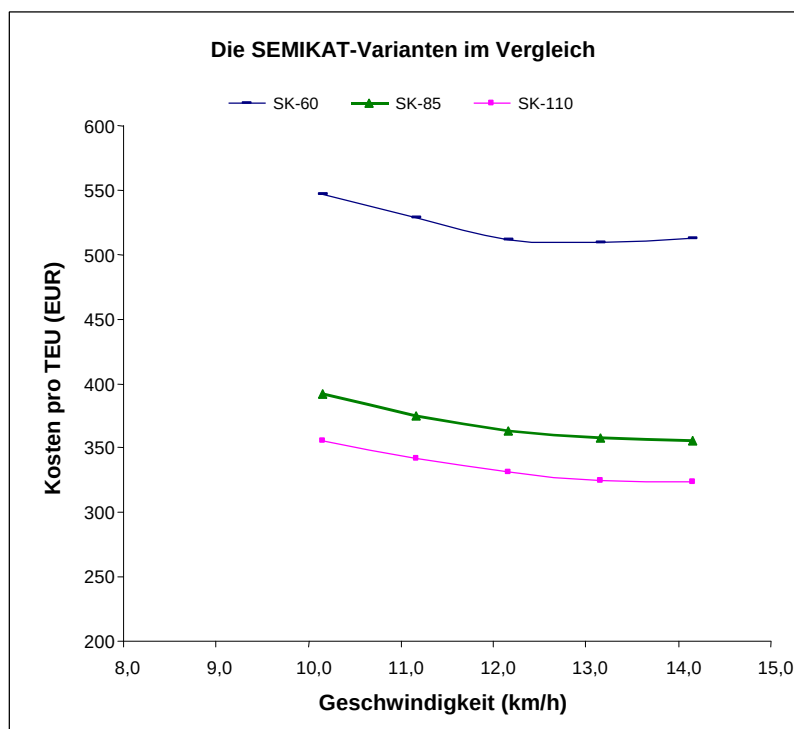


Abb. A-46: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante B)

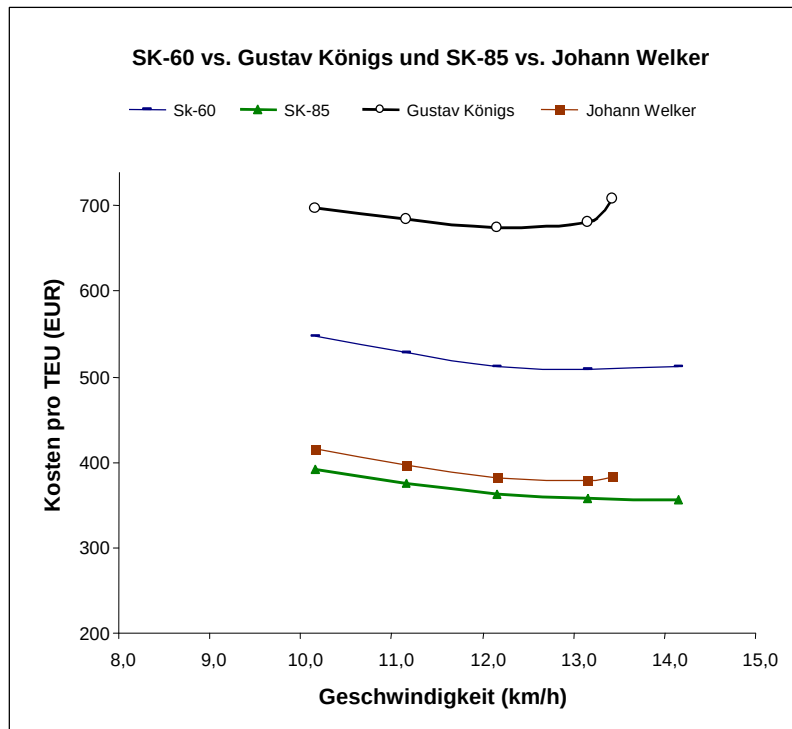


Abb. A-47: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante B)

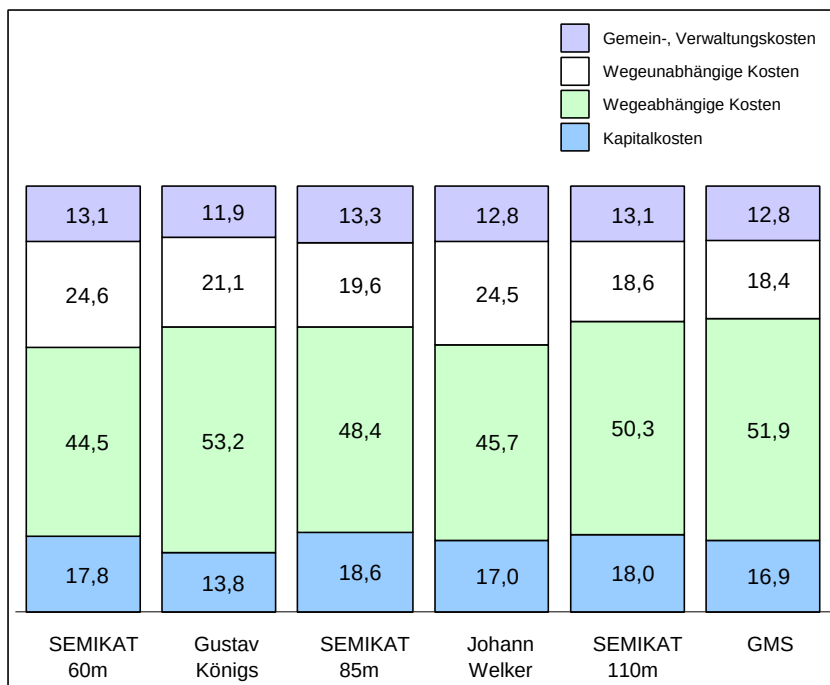


Abb. A-48: Kostenstruktur (Anteil an Gesamtkosten in %; Variante B)

2. Relation Duisburg – Hannover

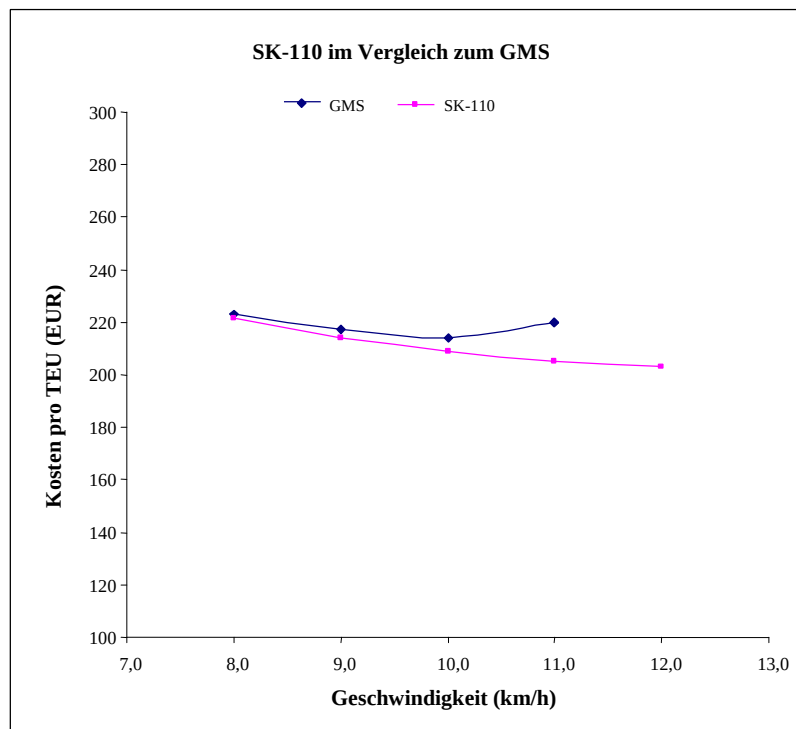


Abb. A-49: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante B)

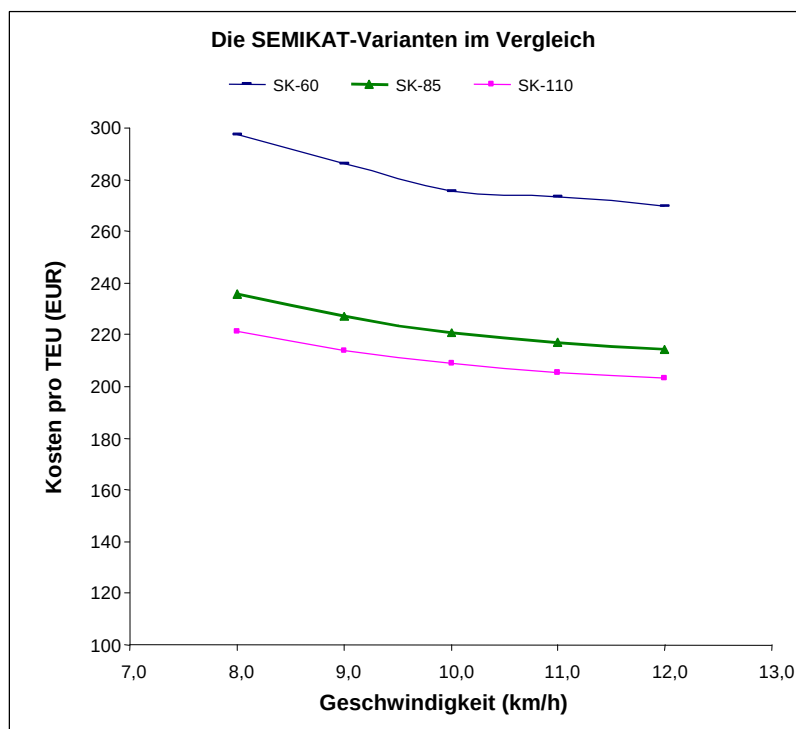


Abb. A-50: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante B)

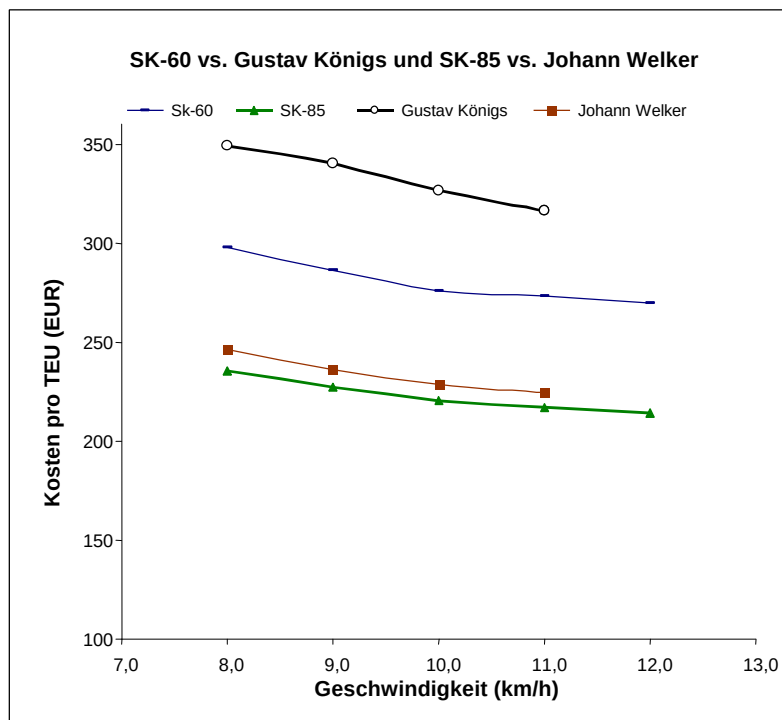


Abb. A-51: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante B)

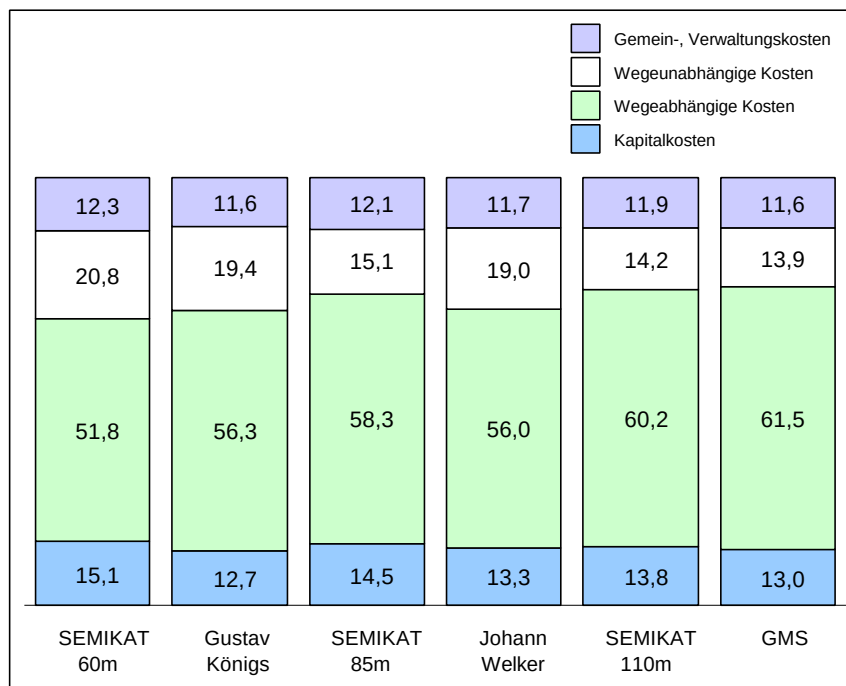


Abb. A-52: Kostenstruktur (Anteil an Gesamtkosten in %; Variante B)

3. Relation Rotterdam – Karlsruhe

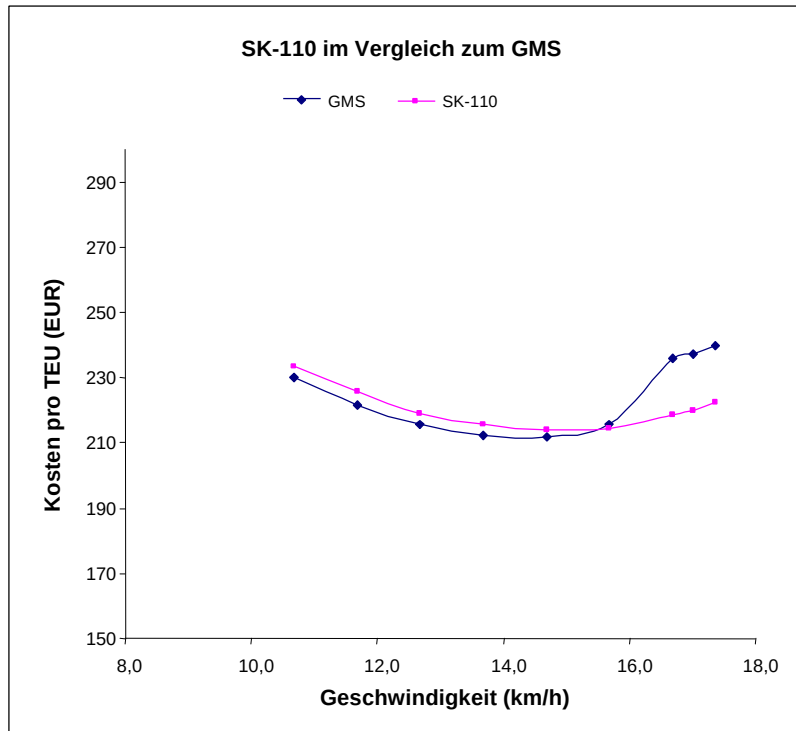


Abb. A-53: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante B)

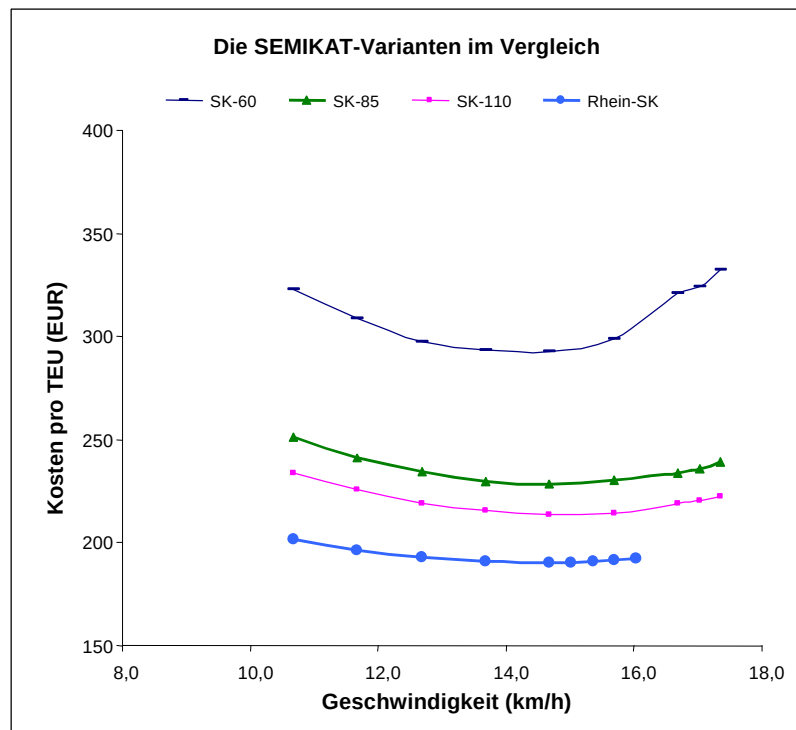


Abb. A-54: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante B)

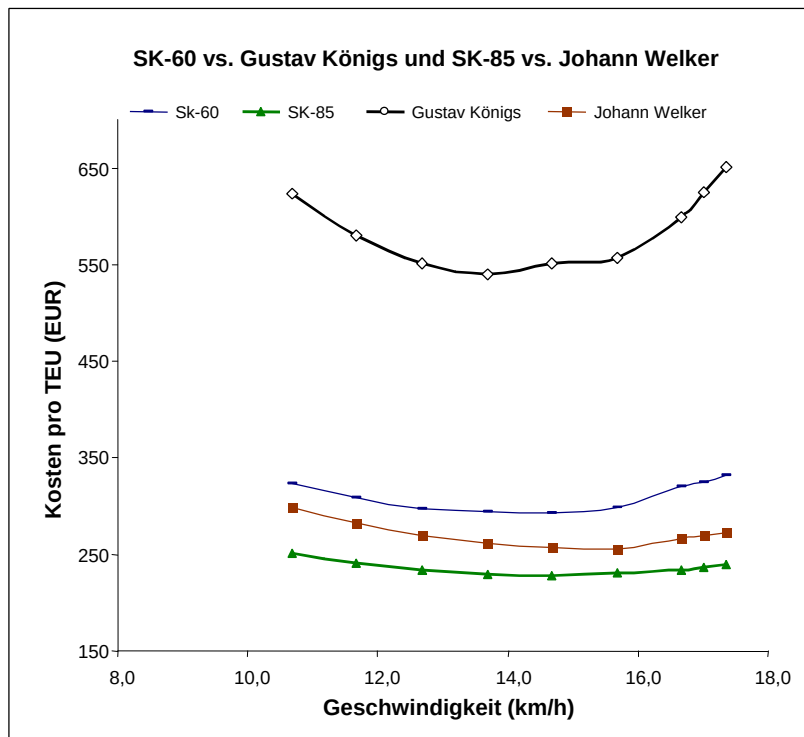


Abb. A-55: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante B)

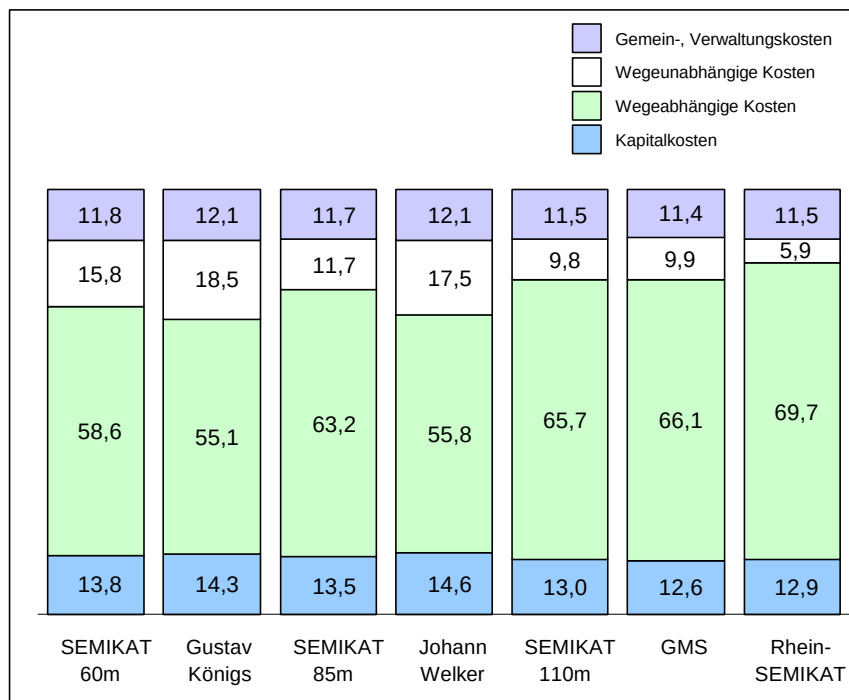


Abb. A-56: Kostenstruktur (Anteil an Gesamtkosten in %; Variante B)

4. Relation Rotterdam – Duisburg

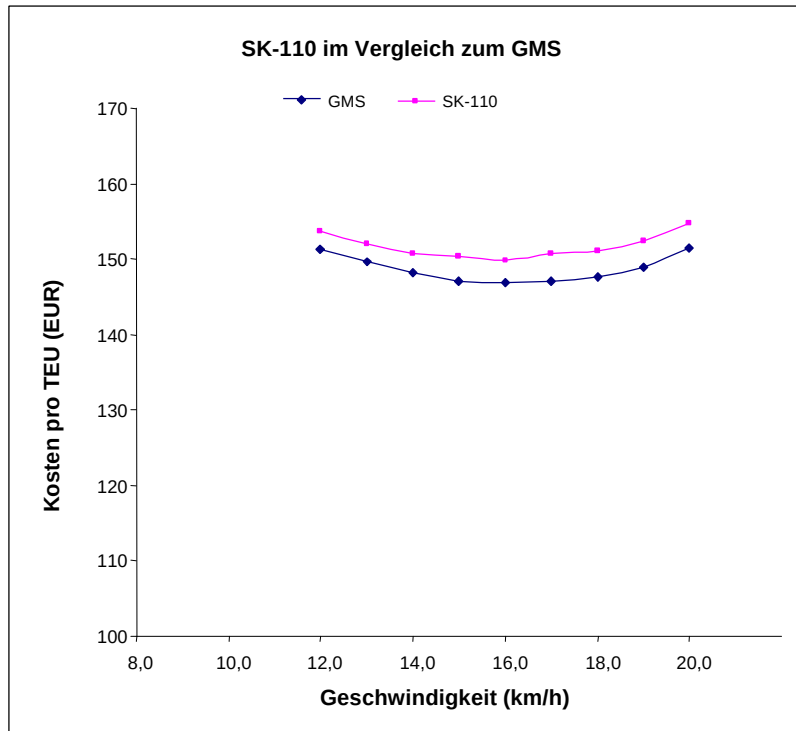


Abb. A-57: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante B)

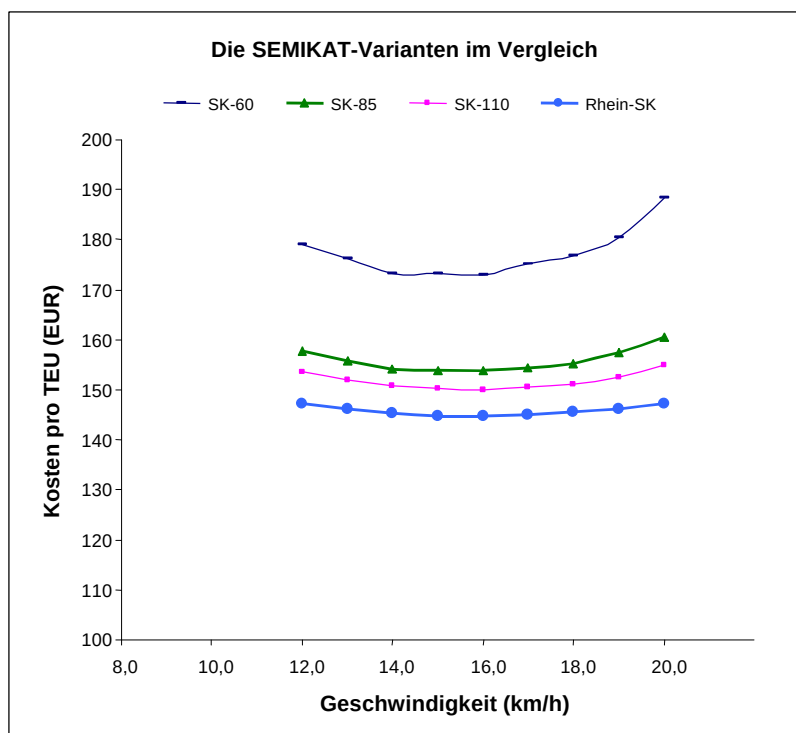


Abb. A-58: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante B)

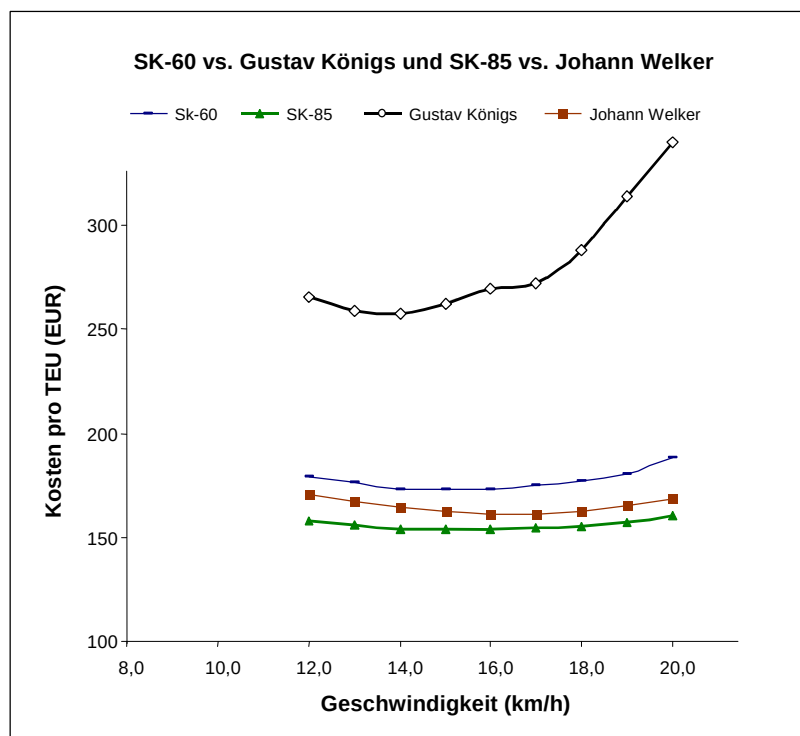


Abb. A-59: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante B)

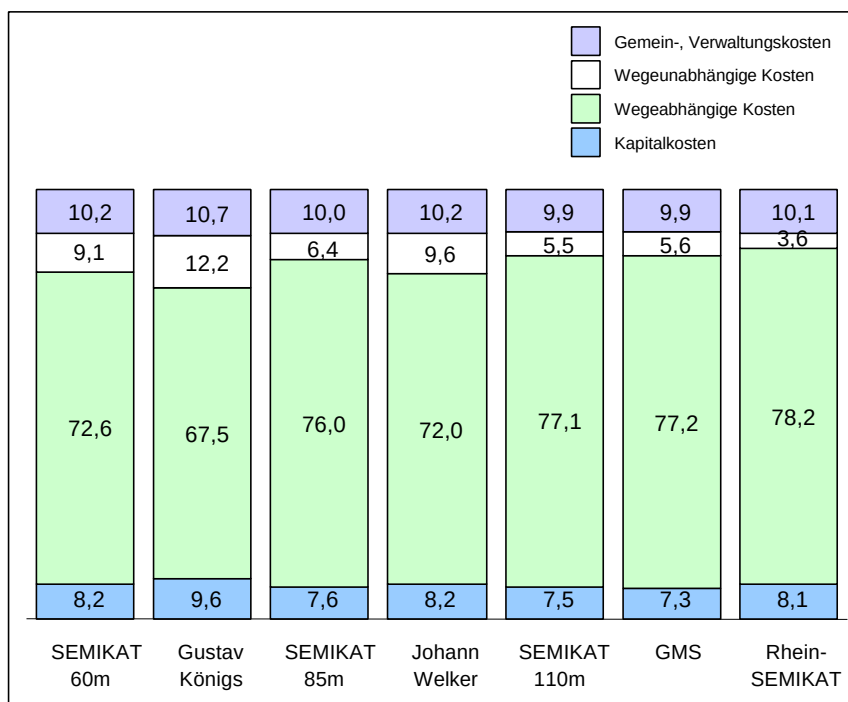


Abb. A-60: Kostenstruktur (Anteil an Gesamtkosten in %; Variante B)

Abbildungen zu den Ergebnissen der Variante C (Darstellung der Kosten in Abhängigkeit der Geschwindigkeit):

1. Relation Rotterdam – Berlin

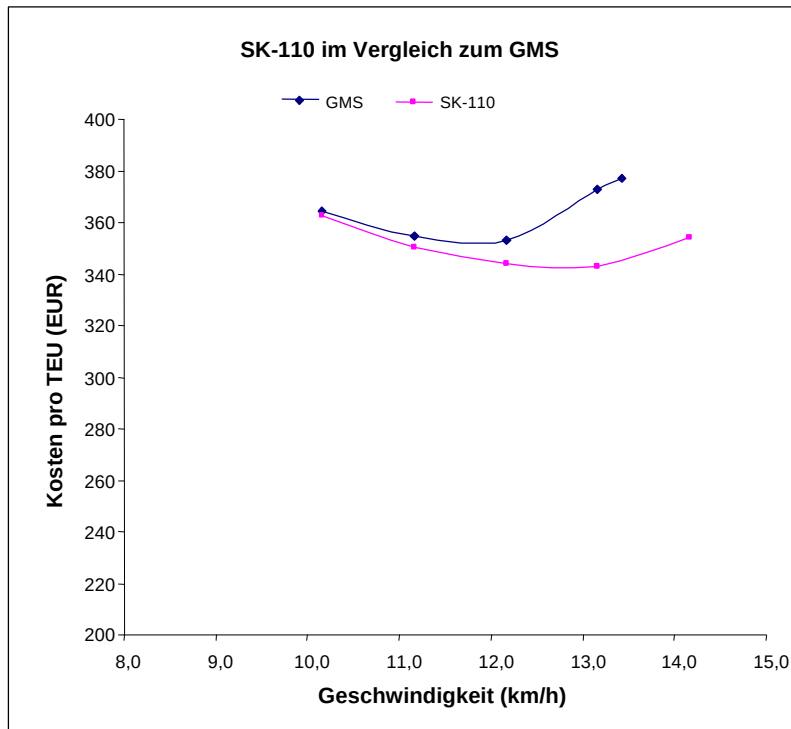


Abb. A-61: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante C)

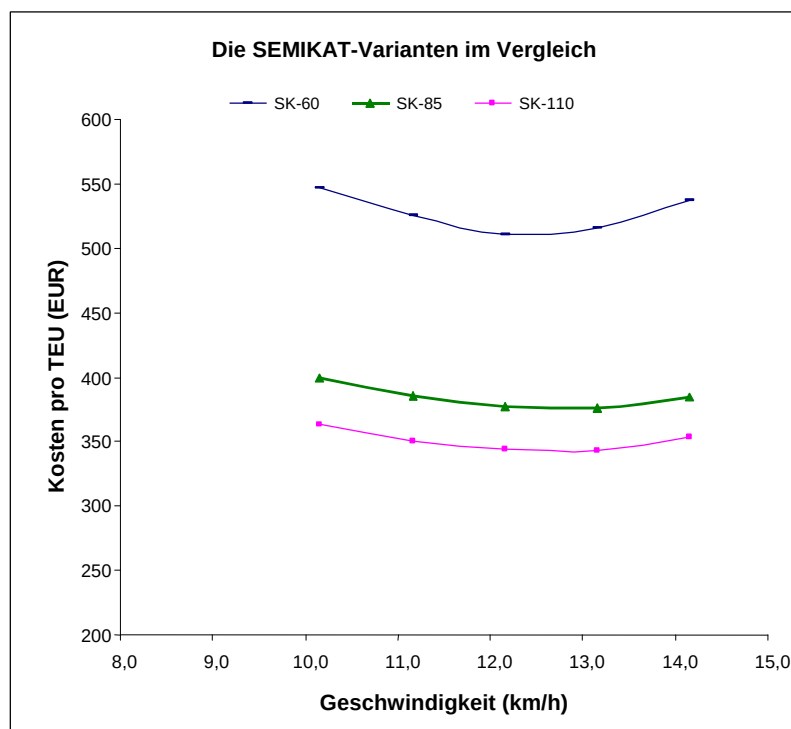


Abb. A-62: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante C)

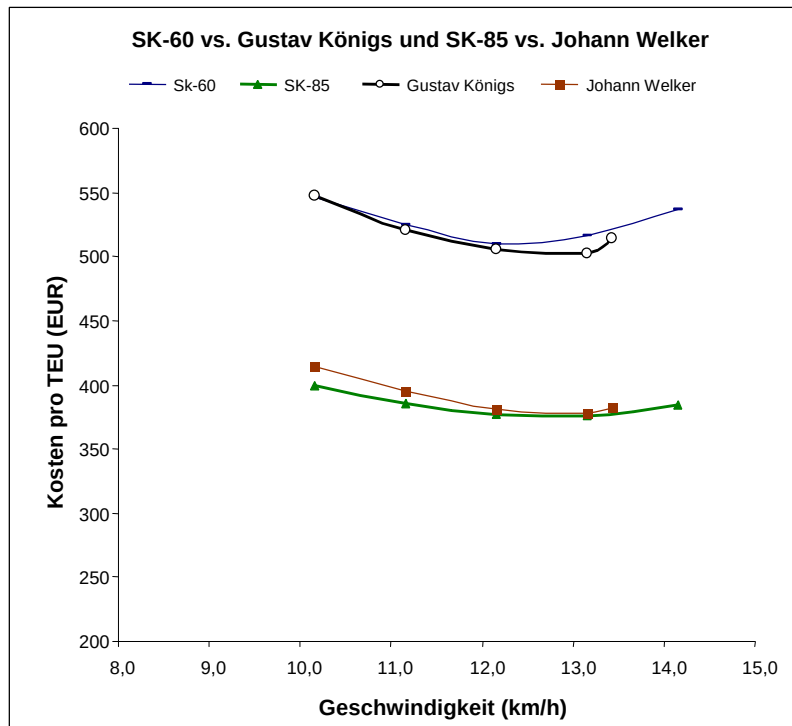


Abb. A-63: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante C)

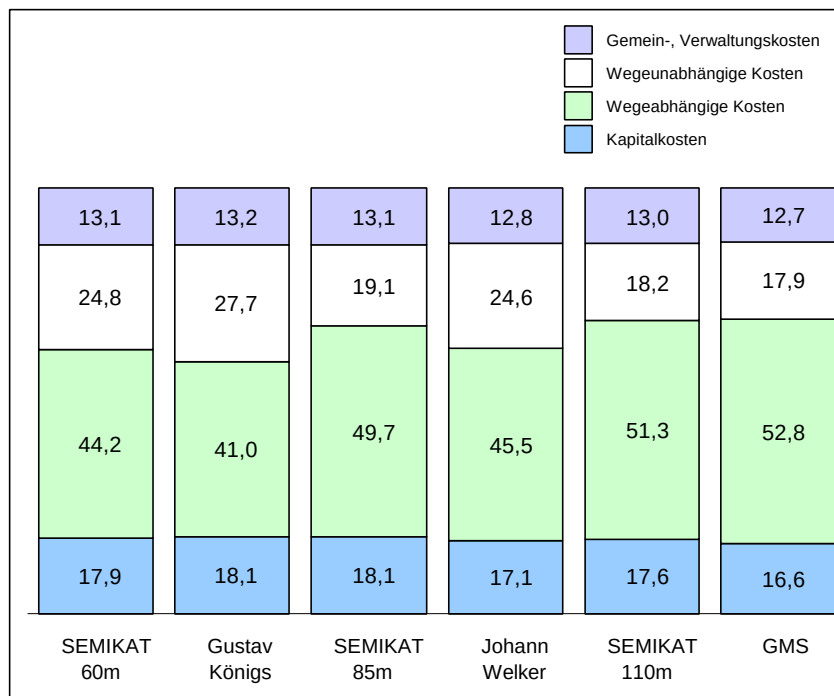


Abb. A-64: Kostenstruktur (Anteil an Gesamtkosten in %; Variante C)

2. Relation Duisburg – Hannover

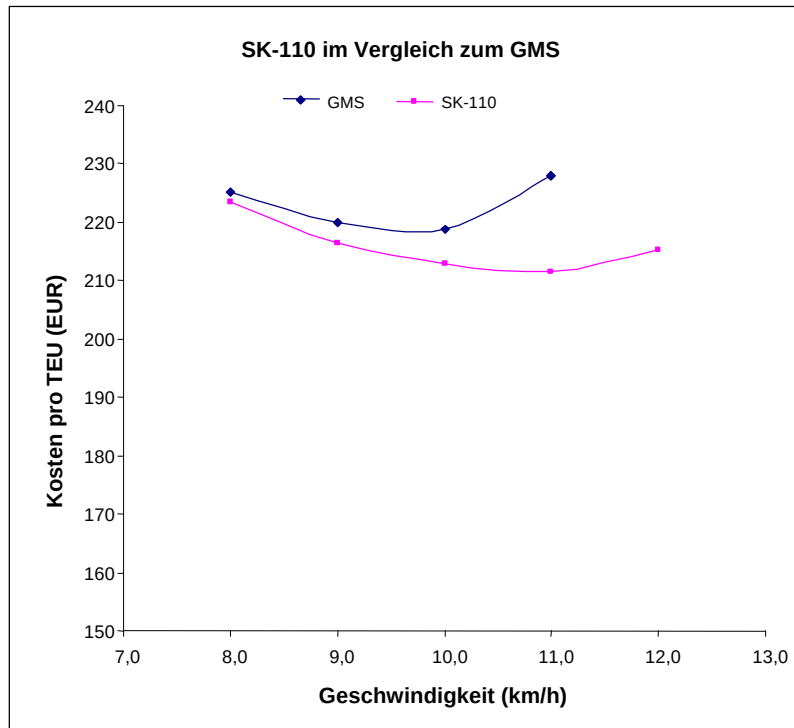


Abb. A-65: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante C)

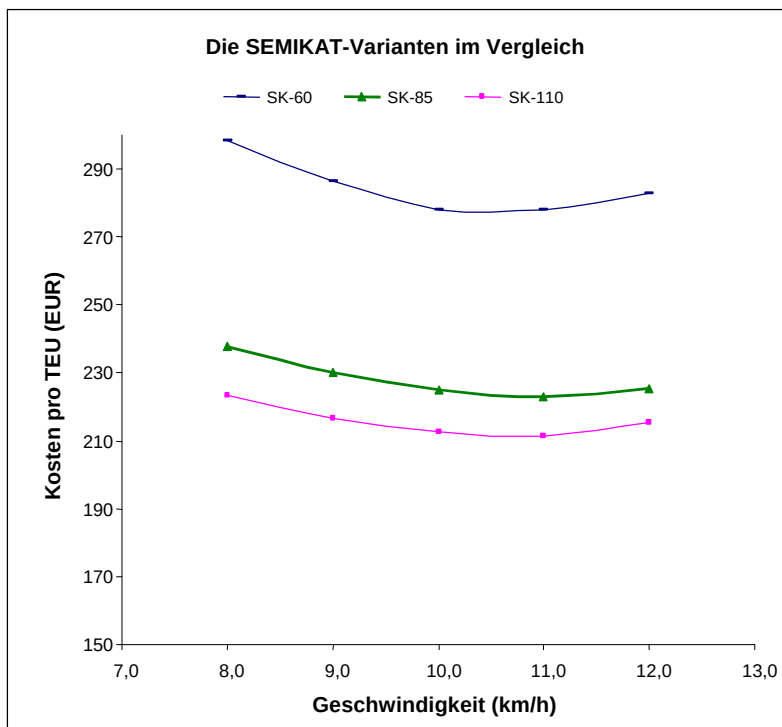


Abb. A-66: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante C)

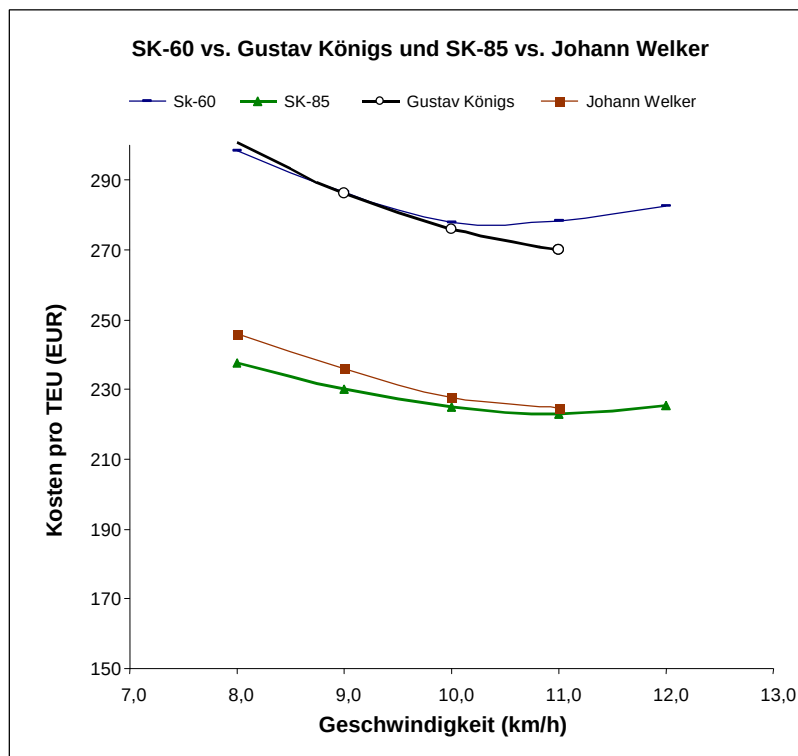


Abb. A-67: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante C)

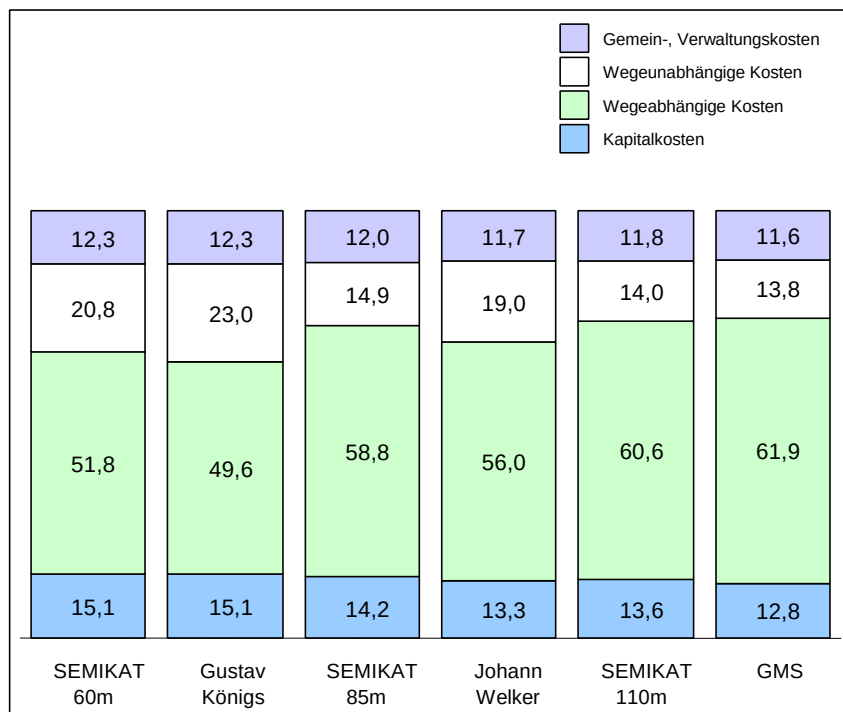


Abb. A-68: Kostenstruktur (Anteil an Gesamtkosten in %; Variante C)

3. Relation Rotterdam – Karlsruhe

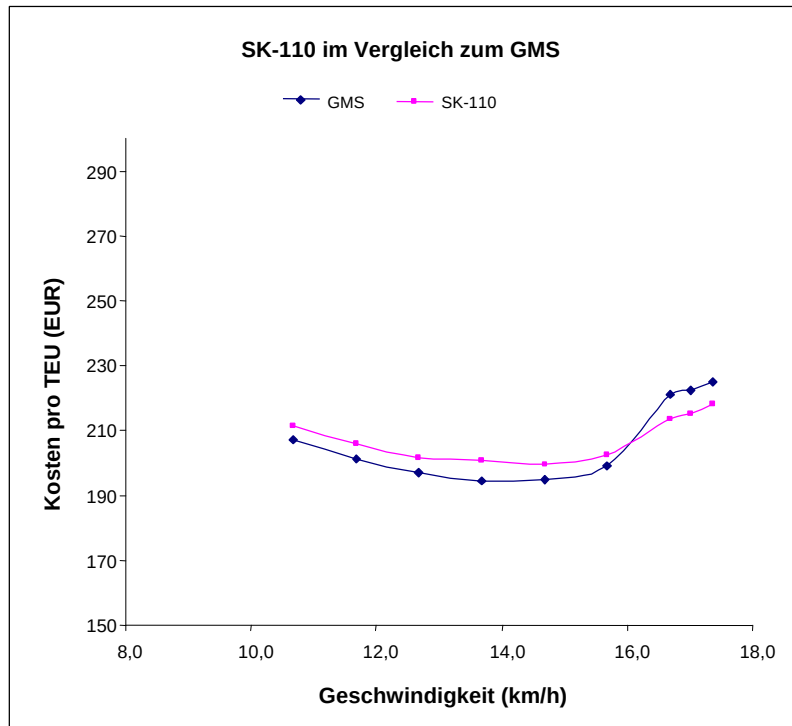


Abb. A-69: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante C)

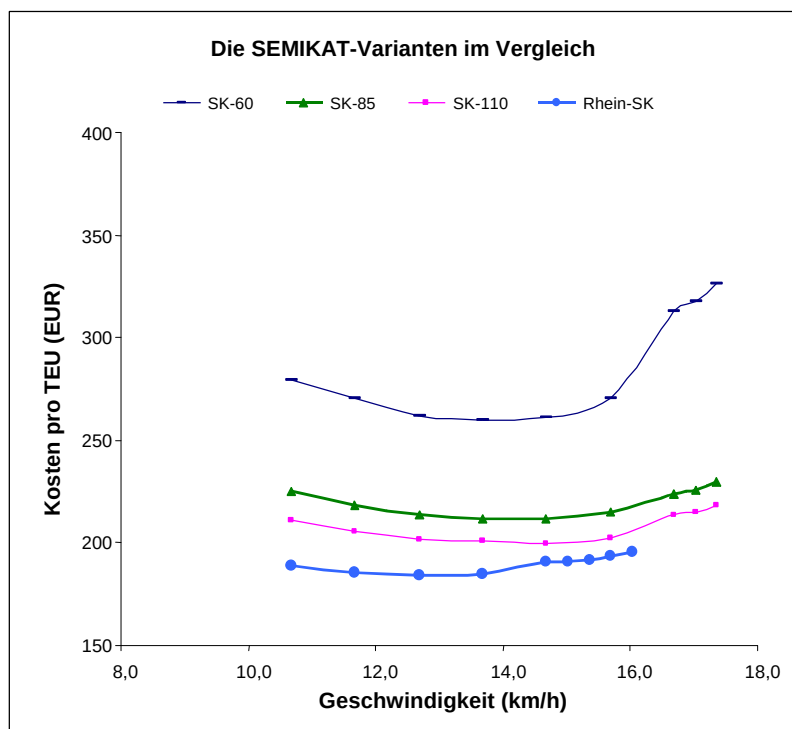


Abb. A-70: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante C)

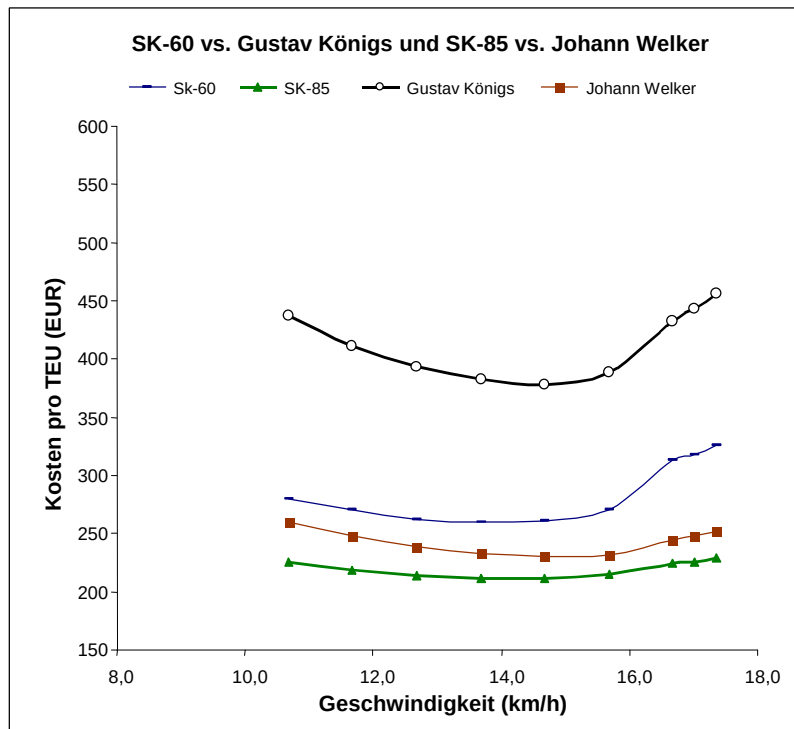


Abb. A-71: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante C)

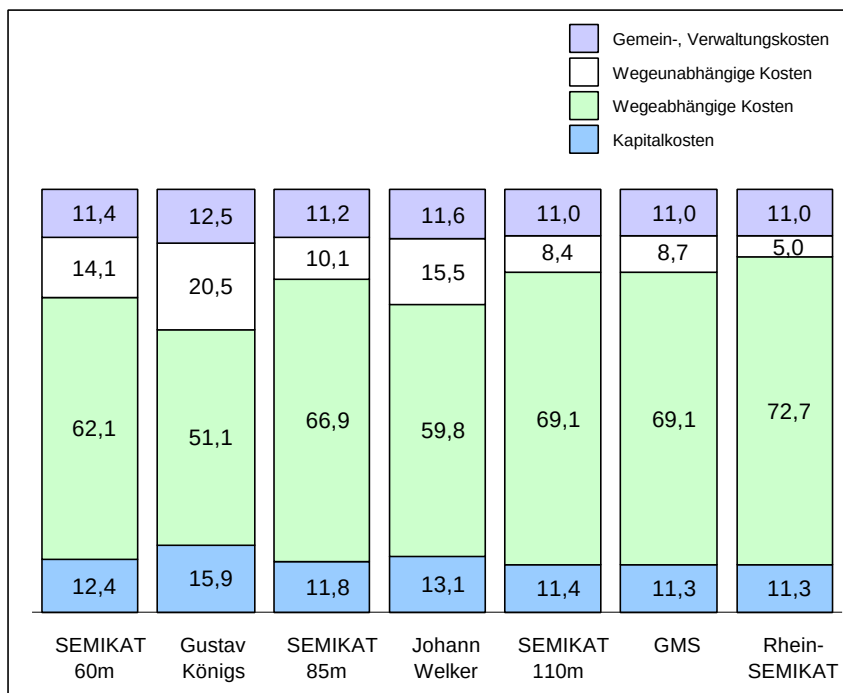


Abb. A-72: Kostenstruktur (Anteil an Gesamtkosten in %; Variante C)

4. Relation Rotterdam – Duisburg

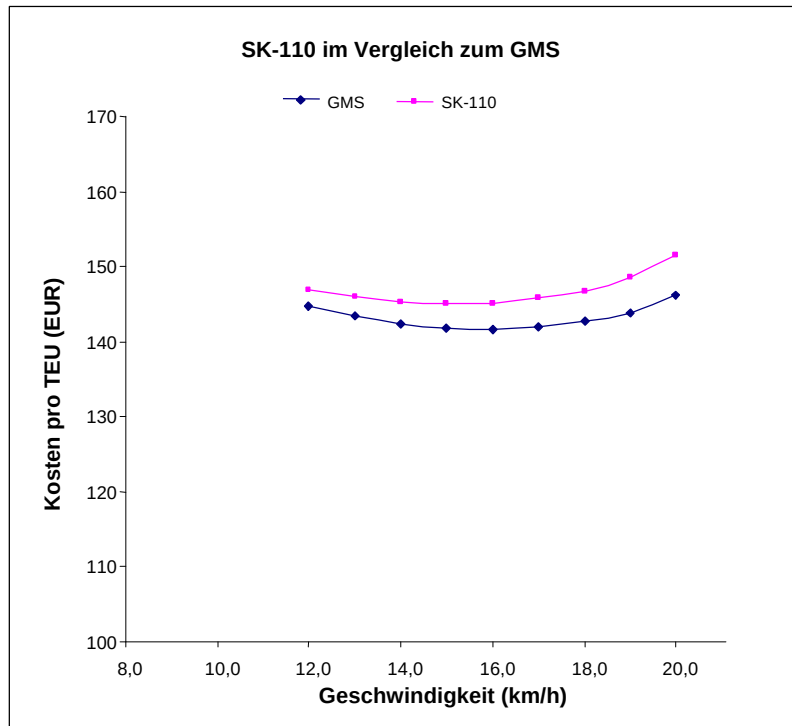


Abb. A-73: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante C)

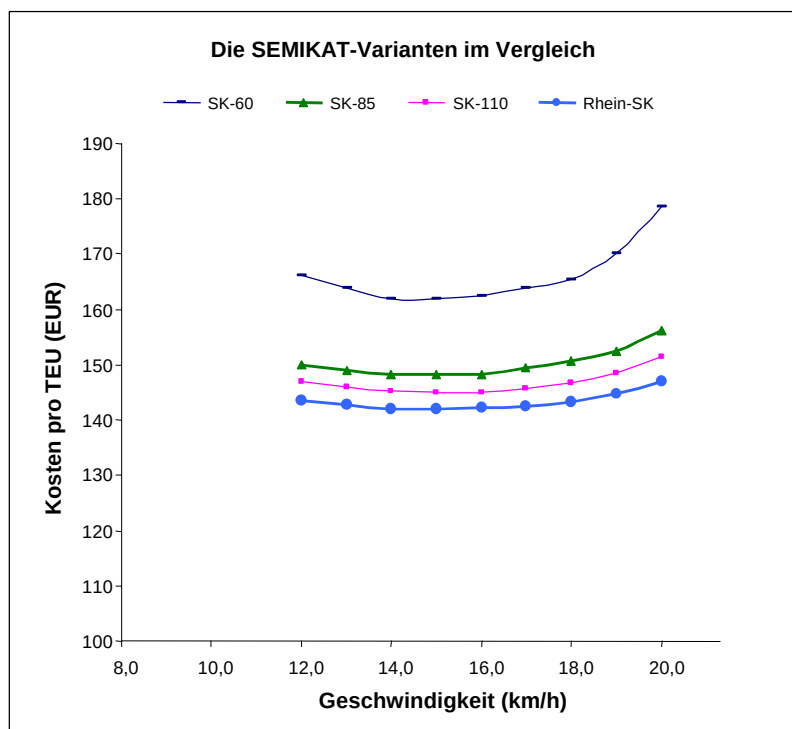


Abb. A-74: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante C)

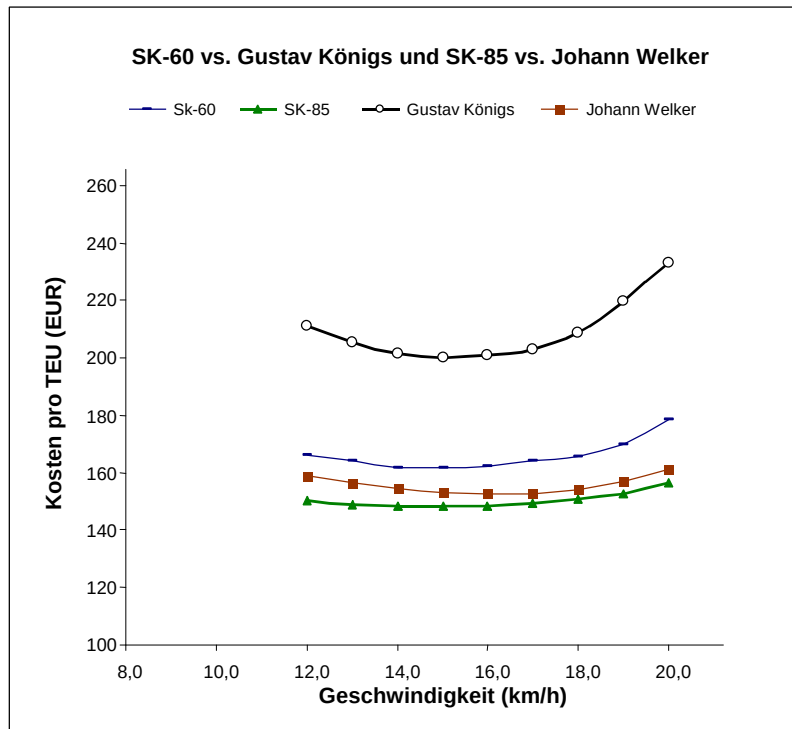


Abb. A-75: Kosten pro TEU / Geschwindigkeit (Variante C)

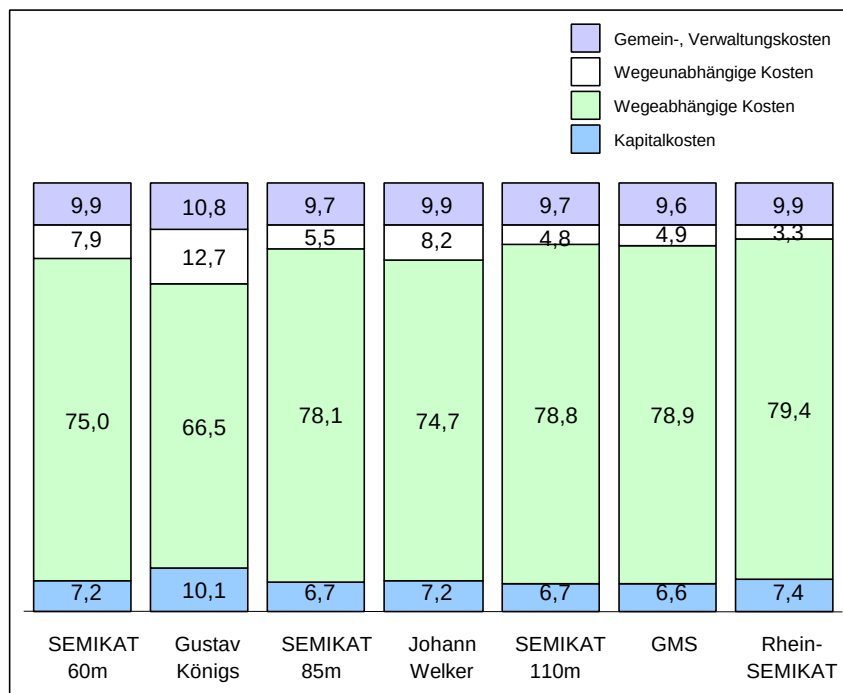


Abb. A-76: Kostenstruktur (Anteil an Gesamtkosten in %; Variante C)